



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
AUTOMÁTICO DE APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS, CON  
ASPERSIÓN DE AGUA EN EL ALIMENTO DE LAS JAULAS DE  
ORDEÑO PARA EL GANADO BOVINO, EN LA ESTACIÓN  
EXPERIMENTAL TUNSHI – ESPOCH”**

**DÁVILA MOLINA FRANKLIN OMAR**

**ORDÓÑEZ BERRONES SILVIO FERNANDO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2017**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2016-11-10

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**DÁVILA MOLINA FRANKLIN OMAR**

Titulado:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE APERTURA Y  
CIERRE DE PUERTAS, CON ASPERSIÓN DE AGUA EN EL ALIMENTO DE LAS  
JAULAS DE ORDEÑO PARA EL GANADO BOVINO, EN LA ESTACIÓN  
EXPERIMENTAL TUNSHI - ESPOCH”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos  
**DIRECTOR**

---

Ing. Eduardo Francisco García Cabezas  
**ASESOR**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2016-11-10

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**ORDÓÑEZ BERRONES SILVIO FERNANDO**

Titulado:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE APERTURA Y  
CIERRE DE PUERTAS, CON ASPERSIÓN DE AGUA EN EL ALIMENTO DE LAS  
JAULAS DE ORDEÑO PARA EL GANADO BOVINO, EN LA ESTACIÓN  
EXPERIMENTAL TUNSHI - ESPOCH”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos  
**DIRECTOR**

---

Ing. Eduardo Francisco García Cabezas  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** DÁVILA MOLINA FRANKLIN OMAR

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS, CON ASPERSIÓN DE AGUA EN EL ALIMENTO DE LAS JAULAS DE ORDEÑO PARA EL GANADO BOVINO, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI - ESPOCH”**

**Fecha de Examinación:** 2017-11-21

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**



# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ORDÓÑEZ BERRONES SILVIO FERNANDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS, CON ASPERSIÓN DE AGUA EN EL ALIMENTO DE LAS JAULAS DE ORDEÑO PARA EL GANADO BOVINO, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI - ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2017-11-21

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Franklin Omar Dávila Molina

---

Silvio Fernando Ordóñez Berrones

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, FRANKLIN OMAR DÁVILA MOLINA y SILVIO FERNANDO ORDÓÑEZ BERRONES, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente se encuentran debidamente citados y referenciados. Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Franklin Omar Dávila Molina

---

Silvio Fernando Ordóñez Berrones

## **DEDICATORIA**

Dedico a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada días más.

A mi madre Diana Molina, por ser quien me ha apoyado incondicionalmente durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, a mi esposa Jania Solano e hija Sheccid Dávila quienes son mi inspiración en este arduo camino para convertirme en un profesional.

A mis hermanos Javier, Anabel, Dallyana Dávila, que son un pilar fundamental para alcanzar todos los logros en mi vida.

**Franklin Omar Dávila Molina**

La concepción de este proyecto va dedicado a Dios por darme salud y vida, a mis padres quienes con su apoyo y confianza han hecho posible que pueda conseguir una meta más en mi vida, a mi hermana. También dedico este proyecto a mi esposa, compañera inseparable de cada jornada, a mi hijo que posiblemente en este momento no entienda mis palabras, pero es la razón y principal motivación de que me levante cada día para esforzarme por el presente y el mañana.

**Silvio Fernando Ordóñez Berrones**

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a Dios por darme la vida y la fuerza para avanzar cada día, así como a la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión.

A mi abuelo Alfonso Dávila quien me ha aconsejado y apoyado para conseguir una meta en mi formación profesional.

A mi director y asesor por el apoyo académico – científico para el desarrollo de nuestro proyecto de titulación.

**Franklin Omar Dávila Molina**

El más sincero agradecimiento a Dios por darme la vida y la fuerza para avanzar cada día, así también a la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión.

A mis padres y hermana, quienes a lo largo de toda mi vida han motivado y apoyado mi formación académica. A mi esposa y mi hijo, ellos han representado gran esfuerzo y tesón en momentos de declive y cansancio.

A mi director y asesor por el apoyo académico – científico para el desarrollo de nuestro Proyecto de Titulación.

**Silvio Fernando Ordóñez Berrones**

# TABLA DE CONTENIDO

## RESUMEN

## ABSTRACT

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN ..... 1

#### 1. MARCO REFERENCIAL..... 2

##### 1.1. Antecedentes..... 2

##### 1.2. Planteamiento del problema ..... 2

##### 1.3. Justificación ..... 2

##### 1.3.1. *Justificación teórica* ..... 2

##### 1.3.2. *Justificación metodológica* ..... 3

##### 1.3.3. *Justificación práctica* ..... 3

##### 1.4. Objetivos..... 3

##### 1.4.1. *Objetivo general* ..... 3

##### 1.4.2. *Objetivos específicos* ..... 3

## CAPÍTULO II

#### 2. MARCO TEÓRICO ..... 4

##### 2.1. Muestreo aleatorio simple..... 4

##### 2.2. Cálculo del tamaño de la muestra..... 4

##### 2.3. Sala de espera y ordeño ..... 5

##### 2.4. Sistemas de ordeño ..... 6

##### 2.4.1. *Sistema de parada convencional* ..... 6

##### 2.4.2. *Sistema tipo espina de pescado* ..... 7

##### 2.4.3. *Sistema tipo polígono* ..... 7

##### 2.4.4. *Sistema rotatorio* ..... 8

##### 2.4.5. *Sistema tandem* ..... 8

##### 2.5. Humedad del alimento..... 9

##### 2.6. Sistemas de riego para implementación en la humedad del alimento ..... 10

2.6.1.	<i>Sistema de riego con aspersores</i> .....	10
2.6.2.	<i>Sistema de riego con difusores</i> .....	10
2.6.3.	<i>Sistema de riego por goteo</i> .....	11
2.6.4.	<i>Sistema de riego con micro aspersores</i> .....	11
2.7.	Bombas sumergibles.....	11
2.8.	Sistema neumático .....	12
2.9.	Generadores de aire comprimido.....	12
2.10.	Elementos auxiliares del compresor .....	13
2.11.	Actuador neumático.....	14
2.11.1.	<i>Cilindros neumáticos</i> .....	14
2.12.	Fuerzas de un cilindro.....	16
2.13.	Consumo de aire de un cilindro .....	17
2.14.	Controladores.....	18
2.14.1.	<i>Válvulas neumáticas</i> .....	18
2.14.2.	<i>Válvulas neumáticas con mando manual</i> .....	19
2.14.3.	<i>Válvulas neumáticas con mando mecánico</i> .....	19
2.14.4.	<i>Válvulas neumáticas con pilotaje neumático</i> .....	19
2.14.5.	<i>Electroválvulas</i> .....	20
2.14.6.	<i>Válvulas neumáticas con pilotaje electromagnético</i> .....	20
2.15.	Circuito eléctrico .....	21
2.16.1.	<i>Simulación eléctrica (Automation Studio)</i> .....	23
2.17.	Sistema lógico.....	24
2.17.1.	<i>Orígenes del PLC</i> .....	24
2.17.2.	<i>PLC: Controlador Lógico Programable</i> .....	24
2.17.3.	<i>PLC Delta</i> .....	24
2.17.4.	<i>PLC Siemens S7 1200 1214</i> .....	25
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	27
3.1.	Parámetros de diseño .....	27

3.2.	Variables de diseño.....	27
3.3.	Análisis de la situación actual de la planta .....	27
3.4.	Diseño del equipo para apertura y cierre de puertas.....	41
3.4.1.	<i>Medición del recorrido</i> .....	46
3.4.2.	<i>Simulación de cargas</i> .....	47
3.5.	Diseño del equipo para el sistema de aspersión.....	57
3.6.	Selección de PLC.....	60
3.6.1.	<i>Programación del PLC Delta DVP32ES2 16DI/16DO</i> .....	63
3.7.	Construcción del equipo .....	77
3.7.1.	<i>Transferencia al PLC Delta DVP32ES2 16DI/16DO</i> .....	83
3.8.	Pruebas y funcionamiento.....	84
3.9.	Análisis de resultados .....	88
<b>CAPÍTULO IV</b>		
4.	COSTOS.....	89
4.1.	Costos directos.....	89
4.2.	Costos indirectos.....	90
5.	CONCLUSIONES.....	91
6.	RECOMENDACIONES .....	92
7.	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	



# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Sala de espera de la Estación Experimental Tunshi .....	5
<b>Figura 2-2:</b> Sala de ordeño de la Estación Experimental Tunshi a) Pasillo del ganado, b) Pasillos de vaqueros .....	6
<b>Figura 3-2:</b> Sistema de parada convencional .....	6
<b>Figura 4-2:</b> Manejo del bovino en sistema de parada convencional .....	6
<b>Figura 5-2:</b> Sujeción del ganado .....	7
<b>Figura 6-2:</b> Modelo sistema espina de pescado .....	7
<b>Figura 7-2:</b> Sistema tipo polígono .....	7
<b>Figura 8-2:</b> Sistema rotatorio .....	8
<b>Figura 9-2:</b> Sala Tándem vista superior .....	8
<b>Figura 10-2:</b> Sala tándem vista isométrica.....	8
<b>Figura 11-2:</b> Aspersor .....	10
<b>Figura 12-2:</b> Riego por aspersión.....	10
<b>Figura 13-2:</b> Difusor .....	10
<b>Figura 14-2:</b> Riego con difusor.....	10
<b>Figura 15-2:</b> Gotero .....	11
<b>Figura 16-2:</b> Riego por goteo.....	11
<b>Figura 17-2:</b> Micro aspersores .....	11
<b>Figura 18-2:</b> Bomba sumergible .....	11
<b>Figura 19-2:</b> Circuito neumático .....	12
<b>Figura 20-2:</b> Tipos de compresor.....	13
<b>Figura 21-2:</b> Compresor 2HP 100 lt .....	13
<b>Figura 22-2:</b> Unidad de mantenimiento instalada en la Estación Experimental Tunshi .....	14
<b>Figura 23-2:</b> Cilindros neumáticos .....	14
<b>Figura 24-2:</b> Partes de cilindro de simple efecto .....	15
<b>Figura 25-2:</b> Cilindro de simple efecto .....	15
<b>Figura 26-2:</b> Partes de cilindro de doble efecto .....	16
<b>Figura 27-2:</b> Válvulas neumáticas .....	18
<b>Figura 28-2:</b> Válvula neumática con mando manual .....	19
<b>Figura 29-2:</b> Válvula neumática con mando mecánico .....	19
<b>Figura 30-2:</b> Válvula neumática con pilotaje neumático .....	20
<b>Figura 31-2:</b> Electroválvulas.....	20
<b>Figura 32-2:</b> Válvula neumática con pilotaje electromagnético .....	21
<b>Figura 33-2:</b> Circuito eléctrico uso de interruptor .....	21

<b>Figura 34-2:</b> Funcionamiento del Pulsador.....	22
<b>Figura 35-2:</b> Pulsador normalmente abierto .....	22
<b>Figura 36-2:</b> Pulsador normalmente cerrado.....	22
<b>Figura 37-2:</b> Contactor 18A.....	23
<b>Figura 38-2:</b> Interfaz Automation Studio.....	23
<b>Figura 39-2:</b> Controlador Lógico Programable (PLC) Delta .....	24
<b>Figura 40-2:</b> Controlador Lógico Programable (PLC) Siemens S7 1200.....	25
<b>Figura 1-3:</b> Diagrama de actividades. Actual.....	28
<b>Figura 2-3:</b> Diagrama de planta. Anexo A Plano 1.....	30
<b>Figura 3-3:</b> Tipo de distribución .....	32
<b>Figura 4-3:</b> Choque de puertas y esfuerzos del operador.....	34
<b>Figura 5-3:</b> Esfuerzo del operador .....	34
<b>Figura 6-3:</b> Componentes doblados .....	34
<b>Figura 7-3:</b> Mecanismo antiguo.....	35
<b>Figura 8-3:</b> Postura anti ergonómica del vaquero .....	35
<b>Figura 9-3:</b> Interfaz Software Ergo/IBV .....	36
<b>Figura 10-3:</b> Título del análisis ergonómico.....	36
<b>Figura 11-3:</b> Detalle de las subtareas por analizar .....	36
<b>Figura 12-3:</b> Interfaz del método seleccionado.....	37
<b>Figura 13-3:</b> Mediciones de tronco, cuello y piernas.....	37
<b>Figura 14-3:</b> Determinación de tronco, cuello y piernas.....	38
<b>Figura 15-3:</b> Mediciones de brazos, antebrazos y muñecas.....	38
<b>Figura 16-3:</b> Especificación de brazos, antebrazos y muñecas. Lado derecho .....	39
<b>Figura 17-3:</b> Especificación de brazos, antebrazos y muñecas. Lado izquierdo.....	39
<b>Figura 18-3:</b> Medida de la fuerza (romanilla) para apertura y cierre de puertas manual.....	39
<b>Figura 19-3:</b> Especificación de la fuerza, agarre y actividad .....	40
<b>Figura 20-3:</b> Cuadro de resultados de la apertura de puerta de entrada.....	40
<b>Figura 21-3:</b> Cuadro de resultados de la apertura de puerta de salida .....	40
<b>Figura 22-3:</b> Cuadro de resultados del cierre de puerta de entrada.....	41
<b>Figura 23-3:</b> Cuadro de resultados del cierre de puerta de salida .....	41
<b>Figura 24-3:</b> Jaula situación actual .....	42
<b>Figura 25-3:</b> Postes y triángulo .....	42
<b>Figura 26-3:</b> Palanca de dos brazos (puerta de entrada). Anexo A Plano 2 a Plano 5 .....	43
<b>Figura 27-3:</b> Palanca de dos brazos (puerta de salida). Anexo A Plano 6 a Plano 9 .....	43
<b>Figura 28-3:</b> Barra de puerta de entrada y puerta de salida. Anexo A Plano 10 a Plano 17 .....	44
<b>Figura 29-3:</b> Puerta de entrada. Anexo A Plano 18 a Plano 21 .....	45
<b>Figura 30-3:</b> Puerta de salida. Anexo A Plano 22 a Plano 25.....	45

<b>Figura 31-3:</b> Ensamble de dos conjuntos de piezas para el sistema de apertura.....	46
<b>Figura 32-3:</b> Recorrido lineal del extremo visible del vástago .....	46
<b>Figura 33-3:</b> Representación del sistema para la apertura y cierre en posiciones abierto y cerrado, para definir la longitud de arco necesaria .....	47
<b>Figura 34-3:</b> Ensamble de las nuevas piezas a ser analizadas.....	47
<b>Figura 35-3:</b> Aplicación del tipo de material a las piezas .....	48
<b>Figura 36-3:</b> Contactos de unión rígida entre las piezas a analizar.....	48
<b>Figura 37-3:</b> Definición de la geometría fija sobre las caras internas de los bocines de la puerta .....	49
<b>Figura 38-3:</b> Incorporación de la fuerza externa que permite la apertura o cierre del sistema. .	49
<b>Figura 39-3:</b> Creación de malla fina para estudio .....	50
<b>Figura 40-3:</b> Resultado de la creación de malla.....	50
<b>Figura 41-3:</b> Proceso para ejecución del estudio estático. ....	51
<b>Figura 42-3:</b> Resultado del análisis de tensiones sobre el conjunto de piezas .....	51
<b>Figura 43-3:</b> Resultado del análisis de Factor de seguridad sobre el conjunto de piezas .....	52
<b>Figura 44-3:</b> Cilindro neumático.....	53
<b>Figura 45-3:</b> Circuito neumático para la jaula de ordeño 4 .....	53
<b>Figura 46-3:</b> Ubicación del compresor .....	55
<b>Figura 47-3:</b> Compresor instalado .....	55
<b>Figura 48-3:</b> Circuito eléctrico.....	57
<b>Figura 49-3:</b> Ubicación depósito de agua. Anexo A Plano 26.....	57
<b>Figura 50-3:</b> Peso de alimento en seco y humedecido.....	58
<b>Figura 51-3:</b> Conexiones necesarias para el funcionamiento de las bombas .....	59
<b>Figura 52-3:</b> Diagrama de entradas y salidas.....	60
<b>Figura 53-3:</b> Página de Delta para descargar software .....	63
<b>Figura 54-3:</b> Descarga de instaladores de ISPSOft y COMMGR .....	63
<b>Figura 55-3:</b> Programas instalados para la comunicación e interfaz con el PLC .....	64
<b>Figura 56-3:</b> Cable VGA de 9 pines, proveído por Delta para realizar la comunicación entre el PLC y el ordenador. ....	64
<b>Figura 57-3:</b> Cable adquirido para obtener una entrada de puerto USB y lograr facilidades en la comunicación. ....	64
<b>Figura 58-3:</b> Combinación de los cables necesarios para obtener extremos USB y 9pines .....	65
<b>Figura 59-3:</b> Identificación del número del puerto (Com17) y configuración del puerto para la comunicación .....	65
<b>Figura 60-3:</b> Configuración de la ruta de comunicación en COMMGR.....	66
<b>Figura 61-3:</b> Comunicación exitosa.....	66
<b>Figura 62-3:</b> Crear nuevo proyecto en el software de programación ISPSOft .....	66

<b>Figura 63-3:</b> Datos generales del nuevo proyecto en ISPSOft .....	67
<b>Figura 64-3:</b> Creación del programa.....	67
<b>Figura 65-3:</b> Configuración del programa para el proyecto.....	67
<b>Figura 66-3:</b> Interfaz del Software de programación.....	68
<b>Figura 67-3:</b> Orden de creación de un nuevo símbolo.....	70
<b>Figura 68-3:</b> Ventana para el ingreso de las variables que intervendrán en el programa. ....	70
<b>Figura 69-3:</b> Botón para ingreso de dirección de símbolo.....	70
<b>Figura 70-3:</b> Selección del tipo de variable (Nombre Dispositivo) .....	70
<b>Figura 71-3:</b> Ingreso del número de bit correspondiente al nuevo símbolo.....	71
<b>Figura 72-3:</b> Ingreso de símbolos .....	71
<b>Figura 73-3:</b> Tabla de variables que se utilizarán para la construcción del programa .....	71
<b>Figura 74-3:</b> Búsqueda e inserción de temporizadores. ....	72
<b>Figura 75-3:</b> Diagrama de escalera elaborado en ISPSOft .....	73
<b>Figura 76-3:</b> Esquema de conexiones para el PLC .....	73
<b>Figura 77-3:</b> Diagrama de conexiones para el PLC en simulación.....	74
<b>Figura 78-3:</b> Diagrama eléctrico para el control de solenoides en simulación .....	74
<b>Figura 79-3:</b> Diagrama neumático de los cilindros en simulación.....	76
<b>Figura 80-3:</b> Diagrama de escalera de la programación en simulación .....	76
<b>Figura 81-3:</b> Preparación de material para puertas .....	77
<b>Figura 82-3:</b> Montaje e instalación de puertas nuevas.....	77
<b>Figura 83-3:</b> Instalación mecanismo nuevo .....	78
<b>Figura 84-3:</b> Montaje brazo y palanca .....	78
<b>Figura 85-3:</b> Pintado de la estructura de puertas y mecanismo .....	78
<b>Figura 86-3:</b> Uso manual de puertas nuevas.....	78
<b>Figura 87-3:</b> Instalación de compresor.....	79
<b>Figura 88-3:</b> Conexión e instalación de cilindros .....	79
<b>Figura 89-3:</b> Conexión de electroválvulas .....	79
<b>Figura 90-3:</b> Botoneras .....	80
<b>Figura 91-3:</b> Instalación de botoneras.....	80
<b>Figura 92-3:</b> Conexión de botoneras.....	80
<b>Figura 93-3:</b> Montaje de botoneras.....	81
<b>Figura 94-3:</b> Cableado de botoneras .....	81
<b>Figura 95-3:</b> Montaje de electroválvulas .....	81
<b>Figura 96-3:</b> Conexión de bombas sumergibles.....	81
<b>Figura 97-3:</b> Instalación de las bombas sumergibles .....	82
<b>Figura 98-3:</b> Instalación del tablero de control .....	82
<b>Figura 99-3:</b> Instalación de contactor .....	82

<b>Figura 100-3:</b> Conexión de cables en tablero de control e instalación de PLC .....	82
<b>Figura 101-3:</b> Transferencia del programa al PLC .....	83
<b>Figura 102-3:</b> Selección del comando para la configuración de la ruta de comunicación con el ISPSOft. ....	83
<b>Figura 103-3:</b> Ventana de configuración de la ruta de comunicación .....	84
<b>Figura 104-3:</b> Verificar la transferencia del programa desde el ordenador hasta el PLC .....	84
<b>Figura 105-3:</b> Proceso de transferencia del programa al PLC .....	84
<b>Figura 106-3:</b> Programación con tiempos de trabajo de bombas sumergibles por jaula .....	85
<b>Figura 107-3:</b> Arribo de bovino y apertura de puerta de entrada.....	86
<b>Figura 108-3:</b> Llegada de bovino y cierre de puerta de entrada.....	86
<b>Figura 109-3:</b> Solicitud de alimento y aspersión de agua .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-3:</b> Intervención del operario.....	28
<b>Tabla 2-3:</b> Aleatorización.....	30
<b>Tabla 3-3:</b> Codificación de mediciones visita 1 .....	30
<b>Tabla 4-3:</b> Codificación de mediciones visita 2.....	31
<b>Tabla 5-3:</b> Codificación de mediciones visita 3.....	31
<b>Tabla 6-3:</b> Actividades en estudio.....	31
<b>Tabla 7-3:</b> Resumen de tiempos (24 observaciones). Anexo B .....	32
<b>Tabla 8-3:</b> Indicadores estadísticos .....	33
<b>Tabla 9-3:</b> Número de mediciones requeridas .....	33
<b>Tabla 10-3:</b> Resumen de tiempos (42 mediciones). Anexo B.....	33
<b>Tabla 11-3:</b> Dimensiones palanca de dos brazos (puerta de entrada) .....	43
<b>Tabla 12-3:</b> Dimensiones palanca de dos brazos (puerta de salida).....	44
<b>Tabla 13-3:</b> Dimensiones barra de puerta de entrada y salida por jaula .....	44
<b>Tabla 14-3:</b> Dimensiones puerta de entrada.....	45
<b>Tabla 15-3:</b> Dimensiones puerta de salida .....	46
<b>Tabla 16-3:</b> Distribución de cilindros por puerta en las jaulas de ordeño.....	53
<b>Tabla 17-3:</b> Distribución de solenoides para el control de los cilindros en las puertas de las jaulas de ordeño.....	56
<b>Tabla 18-3:</b> Cuadro del desempeño de bomba sumergible de 0,8metros de altura, para el traslado de agua a distintas longitudes, mostrando la incapacidad de trasladar a distancias superiores a 6metros.....	59
<b>Tabla 19-3:</b> Cuadro del desempeño de bomba sumergible de 2metros de altura, para el traslado de agua a distintas longitudes.....	59
<b>Tabla 20-3:</b> Entradas y salidas para el control de la apertura y cierre de puertas y aspersión de agua .....	60
<b>Tabla 21-3:</b> Entradas y salidas para la dosificación del alimento .....	61
<b>Tabla 22-3:</b> Entradas y salidas comunes .....	62
<b>Tabla 23-3:</b> Tabla de ponderación de PLC .....	62
<b>Tabla 24-3:</b> Descripción de variables.....	69
<b>Tabla 25-3:</b> Distribución de solenoides para el control de los cilindros en las puertas de las jaulas de ordeño.....	75
<b>Tabla 26-3:</b> Distribución de cilindros por puerta en las jaulas de ordeño.....	76
<b>Tabla 27-3:</b> Tiempo de accionamiento de bombas sumergibles .....	86
<b>Tabla 28-3:</b> Check list para inspección de mantenimiento .....	87

<b>Tabla 29-3:</b> Tabla de comparación de resultados.....	88
<b>Tabla 1-4:</b> Costos de elementos adquiridos .....	89
<b>Tabla 2-4:</b> Costos de elementos recibidos.....	90
<b>Tabla 3-4:</b> Costos indirectos .....	90

# **ÍNDICE DE ANEXOS**

A: DIAGRAMAS. PLANO 1 HASTA PLANO 27

B: MEDICIONES DE TIEMPOS

C: INFORME DE ANÁLISIS ERGONÓMICO

D: CIRCUITO NEUMÁTICO

E: CIRCUITO ELÉCTRICO

F: DIAGRAMA DE ACTIVIDADES. MEJORA

G: COMPRESOR INSTALADO



## RESUMEN

Se presenta la reducción de los tiempos de operación del vaquero al momento que realiza el ordeño en las actividades de apertura y cierre de las puertas y en la obtención de la humedad del alimento, convirtiéndose esto en la variable por estudiar. El trabajo se realizó analizando la situación en la que se encuentran las jaulas de ordeño y el proceso de mezclado del alimento con el agua para la obtención de la humedad requerida. Teniendo en cuenta que las actividades mencionadas anteriormente eran realizadas manualmente. Durante este análisis también se pudo evidenciar problemas ergonómicos del vaquero al momento en el que éste realizaba la actividad de apertura y cierre de las puertas. Para el desarrollo de la automatización de las puertas de las jaulas de ordeño se procedió a diseñar, probar y finalmente construir las piezas del sistema mecánico que garantiza el funcionamiento; brindando al vaquero reducción de esfuerzo y a su vez otorgándole comodidad. De la misma manera para conseguir la humedad en el alimento se implementará un sistema automático que trabajará simultáneamente con la dosificación del alimento el cual será controlado por medio de un PLC. Implementado los sistemas automáticos de apertura y cierre de puertas y aspersión de agua en el alimento se realiza pruebas operativas en primera instancia sin presencia de bovinos y posterior a ello en una jornada de ordeño para atestiguar el correcto funcionamiento. Luego se realizó una comparación de los tiempos, con lo que se llegó a determinar que con la implementación el tiempo que se ahorra en la extracción por cada bovino es de un 15% y de las actividades en las que se intervino el porcentaje de ahorro es del 88%. Sumando a esto la eliminación de los problemas ergonómicos.

**Palabras clave:** <INGENIERÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <TECNOLOGÍA DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES>, <CONTROL DE LA PRODUCCIÓN>, <AUTOMATIZACIÓN>, <PROCESOS INDUSTRIALES>, <DISEÑO MECÁNICO>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE>.

## ABSTRACT

It presents the reduction of cowboy operation times the moment of milking in the door opening and closing activities and in obtaining moisture from the food, becoming the study variable. The work was carried out analyzing the situation in which the milking cages are located and the mixing food process with the water to obtain the required humidity. Taking into account that the previously mentioned activities were carried out manually. During this analysis, it was also possible to see ergonomic problems of the cowboy at the time when it was doing the door opening and closing activities. For the development of the door automation systems of the milking cages was proceeded to design, test and finally build the parts of the mechanical system, which guarantees the operation; the reduction of effort for the cowboy was provided and at the same time the comfort was given. In the same way to get moisture in the food will be implemented an automatic system that will work simultaneously with the dosage of the food, which will be controlled by means of a PLC. Implemented the automatic systems for opening and closing doors and sprinkling water on the food, operational tests are carried out in the first instance without the presence of bovines and after that in a milking day to witness the correct operation. Then a comparison of the times was made, and it was determined that with the implementation the time saved in the extraction for each bovine is 15% and of the activities in which the percentage of saving was involved is 88%. Adding to this the elimination of ergonomic problems.

**Keywords:** <AUTOMATIC CONTROL ENGINEERING>, <INDUSTRIAL PROCESS TECHNOLOGY>, <PRODUCTION CONTROL>, <AUTOMATION>, <INDUSTRIAL PROCESSES>, <MECHANICAL DESIGN>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER>.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El trabajo de titulación denominado: *“Diseño e implementación de un sistema automático de apertura y cierre de puertas, con aspersión de agua en el alimento de las jaulas de ordeño para el ganado bovino, en la estación experimental Tunshi – ESPOCH”*, tiene como objetivo, reducir el tiempo de operación del vaquero al momento que realiza el ordeño, automatizando la apertura y cierre de las puertas como también la aspersión de agua en el alimento para obtener la humedad idónea. El tipo de investigación es de campo.

El sistema implementado en este trabajo de titulación fue ejecutado debido a que se requiere subsistemas tanto mecánicos como eléctricos y electrónicos, lo cual representó un reto que enriquece nuestra formación profesional.

Para la implementación y puesta en marcha del sistema se hizo uso de un Controlador Lógico Programable (PLC), para automatizar parte del proceso que cumple el vaquero en la extracción de leche.

Para presentar este trabajo de una mejor manera, su parte escrita se ha dividido de la siguiente forma:

En el Marco de referencia se desarrollan todos los componentes del problema como son los antecedentes, planteamiento del problema, justificaciones y objetivos. En el marco teórico, se detallan temas importantes relacionados con el proyecto de titulación, los cuales han sido investigados en varias fuentes nacionales e internacionales con el fin de describir y analizar definiciones, características, tipos y procesos de diseño, así como los modelos de simulación. El diseño y construcción se simulan varios mecanismos tanto para la apertura y cierre de las puertas como para la aspersión de agua en el alimento y así elegir el sistema que brinde el funcionamiento eficiente, logrando con esto la reducción del tiempo y eliminando los problemas ergonómicos a los cuales estaba expuesto el vaquero.

Se realizan las pruebas de funcionamiento de cada uno de los sistemas y posterior a ello la prueba en conjunto de todos, verificando los nuevos tiempos de operación del vaquero en las actividades intervenidas para así detallar las conclusiones y recomendaciones del trabajo finalizado

## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. Antecedentes**

Conforme la sociedad ha ido creciendo y desarrollándose se ha descubierto que una de las cosas más importantes es la comodidad con el ahorro de tiempo y esfuerzo, por eso se procedió a la automatización de las puertas de las jaulas de ordeño y la aspersión del agua en el alimento.

Considerando que en este campo de la explotación lechera el método más usado por los ganaderos es realizar la apertura y cierre de las puertas de forma manual y con mecanismos empíricos.

En la alimentación del bovino en el momento de la extracción de leche normalmente los vaqueros realizan este proceso añadiendo tanto el balanceado como el agua manualmente en el recipiente con porcentajes de agua variados, sin obtener la humedad idónea que requiere el alimento para ser ingerido por el bovino.

### **1.2. Planteamiento del problema**

Los problemas que se presentan en la Estación Experimental de Tunshi, es el tiempo de operación prolongado en donde el vaquero realiza sus actividades manualmente excepto la extracción de la leche ya que cuenta con ordeñadoras mecánicas. Además se presentan golpes sobre el bovino ya que cuenta con jaulas de ordeño con un mecanismo de apertura y cierre de puertas diseñadas empíricamente debido al poco espacio en la sala de ordeño, lo que otorga al bovino estrés animal, conjuntamente con la falta de control en la dosificación y porcentaje de humedad del alimento haciendo que el ejemplar tenga baja producción de leche, el cual rodea en 6,86 lt/bovino.

De toda el área que dispone la Estación Experimental de Tunshi nos delimitaremos a trabajar en la sala de ordeño implementando un sistema automático para la apertura y cierre de puertas, el cual nos ayudará a reducir esfuerzos de los vaqueros, además de aprovechar al máximo el espacio disponible y lograr el control sobre el porcentaje de humedad en el alimento.

### **1.3. Justificación**

#### ***1.3.1. Justificación teórica***

El presente proyecto se realizará para conseguir un mejor manejo del ganado bovino hacia las jaulas de ordeño y garantizar un porcentaje idóneo de humedad en el alimento, para así obtener una mayor producción de leche.

### ***1.3.2. Justificación metodológica***

El proyecto conlleva desarrollar el diagrama de actividades para analizar el tiempo que se emplea en el proceso de extracción de leche, así como también encontrar el porcentaje de agua que requiere el alimento para llegar a la humedad requerida para la ingesta del bovino. Estableciendo las mejores alternativas para el diseño de los mecanismos los cuales nos ayudarán a la automatización del proceso productivo mediante la programación de un Controlador Lógico Programable en el que manipulará los sistemas mecánicos acorde a las secuencias lógicas establecidas.

### ***1.3.3. Justificación práctica***

El proyecto está orientado a la automatización del proceso de apertura y cierre de las puertas de las jaulas de ordeño, así como de la aspersión de agua sobre el alimento del ganado bovino para obtener una mejora en la producción de leche.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Reducir el tiempo empleado por los operarios durante la manipulación de las puertas y preparación del alimento en la extracción de leche mediante un sistema automatizado de apertura y cierre de puertas, con aspersión de agua en el alimento de las jaulas de ordeño para el ganado bovino, en la Estación Experimental Tunshi - ESPOCH.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Establecer la situación actual de las jaulas de ordeño de la Estación Experimental Tunshi.
- Elaborar los diseños y mecanismos mecánicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos para la apertura y cierre de las puertas de las jaulas de ordeño del ganado.
- Elaborar los diseños y mecanismos mecánicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos para la aspersión del agua en el alimento del ganado en las jaulas de ordeño.
- Simular los sistemas mediante Automation Studio y análisis de cargas en SolidWorks Student.
- Programar el control para la aspersión de agua por medio del software ISPSOFT.
- Probar y evaluar los mecanismos y su correcto funcionamiento en el proceso de extracción de leche.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Muestreo aleatorio simple

Es una técnica de selección realizada al azar. Es el procedimiento más elemental y resulta de aplicar un método por el cual todas las muestras posibles de un determinado tamaño tengan la misma probabilidad de ser elegidas. (Avila Baray 2006, 105). Si se muestrea aleatoriamente, las características de la muestra deberán ser muy parecidas a las de la población. (Salkind 1999, 97)

El beneficio de este tipo de muestreo es el hecho de ser rápido y fiable. Ahora la generación de números aleatorios se la puede realizar mediante software. (Namakforoosh 2005)

#### 2.2. Cálculo del tamaño de la muestra

La pregunta más difícil en toda investigación es “¿cuánta muestra he de tomar?” (Martínez Almécija, Muñoz García y Pascual Acosta 2004).

Según el Lic. Nel Quezada Lucio en su libro Estadística para Ingenieros expresa que “Teniendo en cuenta que la calidad y validez de los resultados de una investigación dependen del tamaño de muestra. Una demasiado grande implica un desperdicio de recursos y una muestra demasiado pequeña disminuye la utilidad de los resultados” (Nel Quezada 2010, 21)

Para calcular el tamaño de la muestra haremos uso de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \sigma^2}{E^2} \quad (1)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

$Z_{\alpha}$  = Valores correspondiente al nivel de Significancia

E = Error de tolerancia de la estimación

$\alpha$  = Nivel de Significancia

$\sigma^2$  = varianza de la variable

#### **a. Error muestral (E) o Error de Estimación**

“Es el error a causa de observar una muestra en lugar de la población completa. Este valor depende del investigador y se encuentra entre 0% y 10%”. (Nel Quezada 2010, 21)

#### **b. Nivel de confianza**

“Es la probabilidad a priori de que el intervalo de confianza a calcular contenga al verdadero valor del parámetro. Se indica por  $1 - \alpha$  y habitualmente se da en porcentaje. Los valores que se suelen utilizar son el 95%, 99% y 99,9%”. (Nel Quezada 2010, 22)

### **2.3. Sala de espera y ordeño**

En cualquier explotación ganadera, sin importar el tamaño, se debe disponer de un espacio exclusivo para la espera del ganado bovino como se puede observar en la Figura 1 al igual que el espacio para la realización del ordeño que se muestra en la Figura 2. Teniendo en cuenta que “la capacidad de ésta sala de espera debe ser, cuando menos, suficiente para albergar el número de vacas que se encuentran en el corral.” (Mellado Bosque 2010). Es recomendable que el piso tenga una superficie de hormigón para facilitar las tareas de limpieza de estas zonas, reduciendo así la contaminación de la leche.



**Figura 1-2.** Sala de espera de la Estación Experimental Tunshi  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Con esto definimos que sala de espera “es una dependencia anexa a la sala de ordeño que permite concentrar a los animales para el ordeño, ahorrando tiempo y facilitando la estimulación del ganado.” (Sánchez Rodríguez 2016)



a)



b)

**Figura 2-2.** Sala de ordeño de la Estación Experimental Tunshi a) Pasillo del ganado, b) Pasillos de vaqueros

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Mientras que sala de ordeño “es la dependencia donde se alojan las vacas para el ordeño, su diseño e higiene son de vital importancia para la explotación.” (Sánchez Rodríguez 2016)

## 2.4. Sistemas de ordeño

Existen sistemas en los que las unidades de ordeño se desplazan hasta el ganado, frente a otros más modernos consistentes en salas de ordeño, donde las unidades de ordeño están dispuestas de forma fija y a las que hay que conducir el ganado.

En estos últimos encontramos distintos tipos de configuraciones como son:

- Sistema de parada convencional
- Sistema tipo espina de pescado
- Sistema tipo polígono
- Sistema rotatorio
- Sistema tándem

Para elegir el sistema a implementar en la sala de ordeño hay que considerar los siguientes factores:

- Número de vacas a ordeñar
- Número de ordeños diarios
- Número de ordeñadores a diario
- Espacio de la sala de ordeño
- Tiempo de ordeño esperado y disponible

### 2.4.1. Sistema de parada convencional



**Figura 3-2.** Sistema de parada convencional

Fuente: (modern farmer, 2016)



**Figura 4-2.** Manejo del bovino en sistema de parada convencional

Fuente: (yadamons, <https://goo.gl/FnJx2r>)

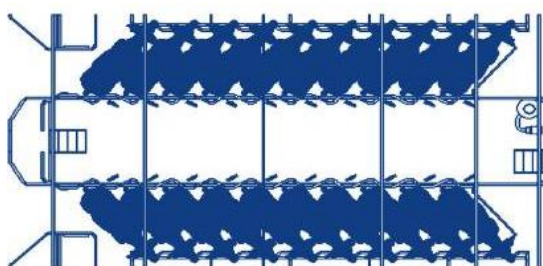




**Figura 5-2. Sujeción del ganado**  
Fuente:(DeLaval, 2017)

En la Figura 3 y Figura 4 se evidencia como las vacas en este tipo de sala se colocan una al lado de otra y quedan sujetas frontalmente mediante una trampa o candado como se muestra en la Figura 5. El propósito fundamental de ésta área es proporcionar un espacio para el ordeño y manejo cómodo del ganado. Para cumplir con este fin se requiere que el espacio cuente con sujeción y ordeño, circulación y alimentación. (Ávila Téllez y Gutiérrez Chávez 2010)

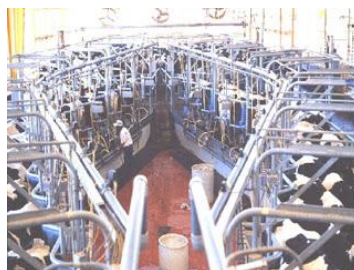
#### **2.4.2. Sistema tipo espina de pescado**



**Figura 6-2. Modelo sistema espina de pescado**  
Fuente: (DeLaval, 2011)

Es éste un tipo de sala de ordeño muy versátil, que se puede utilizar con rebaños de un número de vacas muy diverso. Se pueden encontrar salas de ordeño en espina de pescado desde 8 plazas (4 a cada lado del foso) hasta 48 (24 plazas a cada lado del foso). Las vacas, que entran en la sala de ordeño en tandas, se colocan a ambos lados de un foso, una junto a otra. (Mellado Bosque 2010) (Ver Figura 6)

#### **2.4.3. Sistema tipo polígono**



**Figura 7-2. Sistema tipo polígono**  
Fuente: (<https://goo.gl/cyEzey>)

Como muestra la Figura 7 este tipo de sistema es muy usado para rebaños muy grandes. Parecido a la espina de pescado, pero formando tres, cuatro o más tandas de vacas en vez de dos. En los laterales se colocan pasillos, puertas de entrada y salida para que el movimiento sea independiente de las otras. La desventaja es el alto coste de su estructura y maquinaria. (Filigrana M. 2007)

#### **2.4.4. Sistema rotatorio**

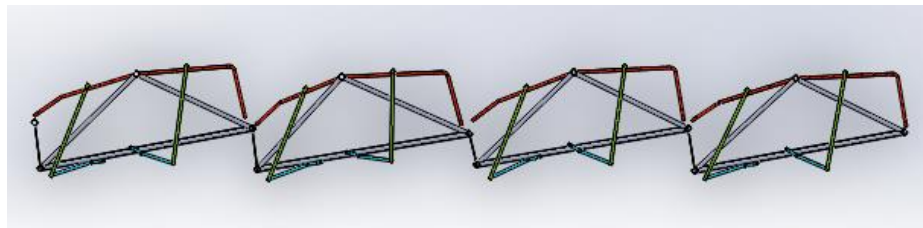
Es aplicable en hatos grandes, donde las vacas van montadas en una plataforma que gira mientras se ordeñan, visualizado en la figura 8. Este se aplica con la finalidad de conseguir un ordeño continuo, optimización de la mano de obra, aumento de rendimiento (vacas/hora), proporcionar ergonomía en el ordeño. (Ávila Téllez y Gutiérrez Chávez 2010)



**Figura 8-2. Sistema rotatorio**

Fuente: (GEA, 2017)

#### **2.4.5. Sistema tándem**



**Figura 9-2. Sala Tándem vista superior**

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 10-2. Sala tándem vista isométrica**

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Este sistema que es usado en la Estación Experimental Tunshi tiene un foso central y la apertura y cierre de las puertas de las jaulas de ordeño se realiza de forma manual desde el foso. Este sistema es recomendado para ordeñar un menor número de vacas por hora y cuando se desea una atención y manejo individual por vaca. Por ello es que las vacas entran y salen de la plaza de ordeño independientemente. (Filigrana M. 2007)

Las ventajas principales de este tipo de salas son:

- El ordeñador tiene una postura cómoda.
- Buena visibilidad y acceso fácil a toda la ubre.
- Hay muy poco riesgo de accidentes a causa de patadas de las vacas.
- La vaca puede recibir un tratamiento individual, sin retrasar el ordeño, ya que cada una de ellas entra y sale en la jaula individualmente.
- El ordeño es tranquilo y confortable.
- Cuando la entrada y salida del ganado está bien diseñada y automatizada, se pueden conseguir unos rendimientos muy elevados (entre 50 y 80 vacas por hombre y hora). (Callejo y Díaz 1998)

La característica que ofrece esta sala es que la vaca se ordeña en jaulas individuales para lo cual dispone de una puerta de entrada y una de salida como se observa en la Figura 10, que se abre a un pasillo de circulación. Estas jaulas están colocadas una a continuación de otra y la tubería de leche se coloca en la parte de abajo es decir en la zona del foso. (Callejo y Díaz 1998)

## **2.5. Humedad del alimento**

Este aspecto es muy importante tener en cuenta dentro de la alimentación del bovino para poder conseguir una mayor producción de leche, ya que en la realización del ordeño el ejemplar consume materia seca, es decir un producto que no tiene humedad. Por lo cual es idóneo que este alimento sea humedecido ya que gracias a este proceso el agua le servirá al bovino para el metabolismo, producción de leche y carne y las necesidades ambientales.

En el campo de la ganadería se puede considerar para la alimentación los siguientes datos técnicos:

- Por cada kg de materia seca rústica se necesita 2,5 kg de agua
- Por cada kg de materia seca jugosa se necesita 2 kg de agua
- Por cada litro de leche se necesita 4 litros de agua
- Por cada kilo de carne se necesita 1 litro de agua (Banrep cultural s.f.)

## 2.6. Sistemas de riego para implementación en la humedad del alimento

En este aspecto se analizó los sistemas de riego existentes en el campo agrícola con las características de cada uno para seleccionar el que mejor se acople a nuestro proyecto.

### 2.6.1. Sistema de riego con aspersores

La característica que tienen los aspersores figura 11, es el alcance el cual es mayor a los 6 metros, dependiendo de la presión y el tipo de boquilla. Evidenciando la aspersión del agua en la figura 12.

- Utiliza el doble de agua que un sistema de goteo.
- La eficiencia oscila entre el 80% y 85%. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) 2017)



**Figura 11-2. Aspersor**  
Fuente: (surplastic, 2016)



**Figura 12-2. Riego por aspersión**  
Fuente: (LosAndes, 2014)

### 2.6.2. Sistema de riego con difusores

En este caso los difusores, figura 13, el alcance oscila entre 2 y 5 metros, dependiendo de la presión y el tipo de boquilla. La forma en la cual se hace el riego del agua con este sistema se evidencia en la figura 14.



**Figura 13-2. Difusor**  
Fuente: (ABC Bricoten)



**Figura 14-2. Riego con difusor**  
Fuente: (Fabricalotumismo)

### **2.6.3. Sistema de riego por goteo**



**Figura 15-2. Gotero**  
Fuente: (AgroHuerto)



**Figura 16-2. Riego por goteo**  
Fuente: (euroresidentes pasión por la vida)

Este tipo de riego aporta el agua de una manera localizada, con las ventajas de ahorrar agua y mantener un nivel de humedad constante. Utiliza pequeños caudales a baja presión.

### **2.6.4. Sistema de riego con micro aspersores**

Este tipo de sistema de riego es más usado para texturas arenosas, ya que cubren más superficie que los goteros tradicionales.

- Consume menos agua que el sistema por aspersión.
- La eficiencia oscila entre un 85% y 90%.
- Mayor superficie húmeda.
- Mejor inspección del funcionamiento. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) 2017)



**Figura 17-2. Micro aspersores**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

## **2.7. Bombas sumergibles**



**Figura 18-2. Bomba sumergible**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La bomba sumergible que se muestra en la figura 18 posee las siguientes características:

- Modelo: SP-2500
- Voltaje: 230/115 V
- Frecuencia: 50/60 Hz
- Potencia: 34W
- Caudal máximo: 1400 l/h
- Altura máxima: 2 metros.
- Peso: 0,85 kg.
- Dimensiones: 149x88x176 mm

## 2.8. Sistema neumático

Son sistemas que utilizan aire u otro gas como medio para la transmisión de señales o potencia. Dentro del campo de la neumática la tecnología se ocupa, sobre todo, de la aplicación del aire comprimido en la automatización industrial. Este sistema es muy usado en la automatización de máquinas y en el campo de controladores automáticos. (A. Serrano 2009)

En la figura 19 se representa un circuito neumático:



**Figura 19-2. Circuito neumático**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Las características que tenemos al hacer uso de aire comprimido como fuente de potencia son:

- El aire es abundante y gratis.
  - Se transforma y almacena fácilmente.
  - Es limpio, no contamina y carece de problemas de combustión con la temperatura.
- (Guillén Salvador 1993, 8)

## 2.9. Generadores de aire comprimido

Los componente principales para la producción de aire, sin dudas, son los compresores, los que, “se encargan de captar el aire atmosférico de su entorno, elevar la presión del mismo y, después, alimentan el depósito y la canalización” (N. Serrano s.f.) p.69

Existen una gran variedad de compresores como se muestra en la figura 20, pero los más utilizados son los de émbolo, a pesar de existir compresores de tornillo que ganan campo, gracias a su mejor calidad de aire y sin generar ruido.





**Figura 20-2.** Tipos de compresor  
Fuente: (Aplicaciones neumáticas)

La figura 21 muestra el compresor de 2HP con una capacidad de 100 litros que fue instalado en la sala de ordeño de la Estación Experimental Tunshi.



**Figura 21-2.** Compresor 2HP 100 lt  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

El aire que se produce no cuenta con las condiciones apropiadas para la utilización ya que contiene demasiadas impurezas de agua y partículas de aceites, además, posterior a su compresión obtiene una alta temperatura, por lo que en conjunto al compresor se debe instalar elementos para el tratamiento de este aire.

## **2.10. Elementos auxiliares del compresor**

Debido al grado de impurezas que posee el aire comprimido y, la importancia de un correcto funcionamiento de todos los elementos de un circuito neumático; Se debe dotar al compresor con elementos que acondicionen este aire retirando las impurezas, separen las partículas de agua presentes y que lubriquen este aire; Por lo que debe utilizarse:

- Filtro.
- Depurador.
- Lubricadores.

En la actualidad es más aconsejable a utilización de una unidad de mantenimiento de aire, figura 22, la cual realiza las mismas funciones de estos tres elementos mencionados.



**Figura 22-2.** Unidad de mantenimiento instalada en la Estación Experimental Tunshi  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

## **2.11. Actuador neumático**

Son aquellos elementos de un circuito capaces de transformar un tipo de energía en trabajo mecánico de aquí, se establece que los actuadores neumáticos según (Millán 1996) son, “componentes capaces de transformar la energía potencial latente en el aire comprimido en trabajo mecánico”.

Que dependiendo de la forma en que entregan esta energía se pueden distinguir actuadores de giro, aquellos que brindan movimiento angular; motores rotativos capaces de girar su eje para accionar mecanismos rotativos y cilindros que entregan su trabajo de forma lineal realizando empuje y tracción.

### **2.11.1. Cilindros neumáticos**

Como muestra la figura 23 los cilindros son componentes cerrados que poseen un pistón en su interior que se desplaza a medida que transmite al exterior el movimiento a través de un vástago. Utilizan la energía del aire comprimido, para transformarlo en movimiento lineal alcanzando “velocidades de hasta 1.5 m/s en los convencionales, y hasta 10m/s en cilindros de impacto” (N. Serrano s.f.).

De forma comercial existen diversos tipos y formas, pero de manera general se agrupan en cilindros de simple efecto y cilindros de doble efecto.



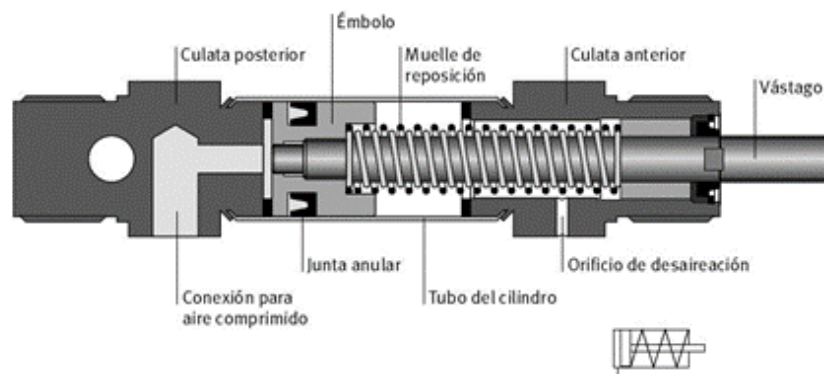
**Figura 23-2.** Cilindros neumáticos  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



#### 2.11.1.1. Cilindros de simple efecto

Estos cilindros según (Creus Solé 2011), “reciben aire a presión por una de sus cámaras, que suele ser la que produce el trabajo, desplazando al vástago”. Mientras que su retorno se efectúa de forma mecánica usualmente por la acción de un muelle, limitando así el control sobre el retroceso.

Su utilización está orientado a sujetar, marcar o expulsar. Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño, además tienen una reducción de impulso debida a la fuerza del resorte que actúa de forma contraria, haciendo que se requiera un diámetro interno algo más grande para conseguir una fuerza similar.



**Figura 24-2.** Partes de cilindro de simple efecto

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La figura 24 nos da un esquema de las partes de un cilindro de simple efecto y su representación esquemática.

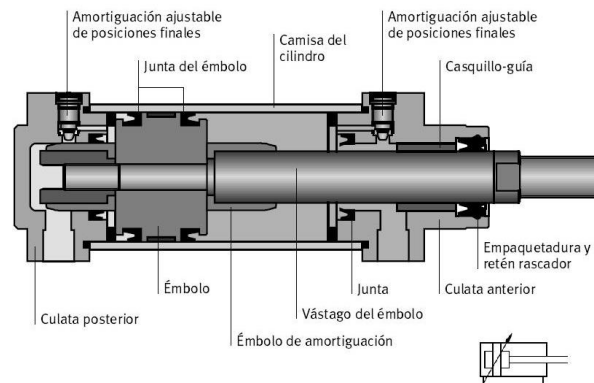


**Figura 25-2.** Cilindro de simple efecto

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

#### 2.11.1.2. Cilindros de doble efecto

En este tipo de cilindros encontramos que “el aire a presión entra por el orificio de la cámara trasera y, al llenarla, hace avanzar el vástago, que en su carrera comprime al aire de cámara delantera que se escapa al exterior a través del correspondiente orificio”. (Creus Solé 2011)



**Figura 26-2. Partes de cilindro de doble efecto**

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Mientras que para el retroceso o carrera inversa del vástago el proceso es invertido, insertando en primera instancia aire comprimido a la cámara delantera, provocando el movimiento y expulsando el aire de la cámara trasera.

Estableciendo así una diferencia con el cilindro de simple efecto, que es el control sobre el retroceso del cilindro, además de entregar fuerza gracias al aire comprimido tanto en su avance como en su retorno, entonces estos componentes más habituales en el control neumático.

Su aplicación es mucho más amplio que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos, debido a que los cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que se asegura el posicionamiento.

Como se puede notar, la figura 26 nos muestra las partes del cilindro de doble efecto, también en esta figura se evidencia en la parte inferior derecha la representación esquemática de dicho cilindro.

## 2.12. Fuerzas de un cilindro

En un cilindro neumático la fuerza que puede ofrecer en su avance para cilindro de simple efecto y, en el avance y retorno para los de doble efecto, está ligada a la presión de funcionamiento al que estos estén expuestos, así como también a la sección del émbolo y de su rendimiento o pérdidas por rozamiento.

El rendimiento de un cilindro según (N. Serrano s.f., 94), “depende del diseño del mismo y, por tanto, del fabricante. Si no se dispone de datos más precisos, y a modo de orientación basta considerar:”

Para cilindros de hasta  $D=40\text{mm}$   $R=0.85$

Para cilindros superiores a  $D=40\text{mm}$   $R=0.95$

Entonces, la fuerza de avance para un cilindro de doble efecto se tiene.

$$Fa = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \cdot R \quad (2)$$

Donde,

Fa = Fuerza del cilindro.

D = Diámetro del cilindro.

p = Presión del aire.

R = Rendimiento del cilindro.

Teniendo en cuenta que cuando se trata del retorno de un cilindro de doble efecto, se debe considerar una sección reducida debido al diámetro del vástago, por lo que la fuerza de retorno será:

$$Fr = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot R \quad (3)$$

Donde,

d = Diámetro del vástago.

Mientras que para el cálculo de la fuerza de avance en un cilindro de simple efecto, se debe considerar la fuerza que ejerce el muelle interno.

$$Fa = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \cdot R - Fm \quad (4)$$

Donde,

Fm = fuerza del resorte.

### **2.13. Consumo de aire de un cilindro**

Para (N. Serrano s.f., 96) “El consumo de aire en cilindros o en otros actuadores es de vital importancia para evaluar las dimensiones del compresor y del depósito”.

Por lo que para su cálculo se debe tomar en cuenta factores como: la sección del cilindro, su carrera, la presión a la que está expuesto y la frecuencia de ciclo. Además para cilindros de doble efecto se debe tomar en cuenta que un ciclo completo conlleva el avance y retorno del embolo.

Entonces el volumen para lograr un ciclo en un cilindro de doble efecto es:

$$V = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) * C \quad (5)$$

Donde,

V = Volumen de aire.

D = Diámetro interno del cilindro.

d = Diámetro del vástago.

C = Carrera del vástago.

Para el mismo cilindro a presión atmosférica, el volumen de aire será:

$$V = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) * C * p \quad (6)$$

Donde,

p = Presión de trabajo del cilindro.

Por lo tanto, para encontrar el consumo de aire o caudal, se considera la cantidad de veces que el sistema o proceso requiere que el cilindro realice un ciclo completo.

$$Q = \frac{\pi * C * p * n}{4} (2D^2 - d^2) \quad (7)$$

Donde,

Q = Caudal o consumo.

n = Numero de ciclos por minuto.

## 2.14. Controladores

Dentro de estema tema de controladores se va a conceptualizar las diferentes tipos de válvulas existentes en el mercado y de las que se puede hacer uso.

### 2.14.1. Válvulas neumáticas

“Son elementos concebidos para controlar el arranque, parada, dirección y sentido del flujo de aire en un circuito neumático” (N. Serrano s.f., 135)

Una de las maneras de distinguir las válvulas neumáticas es según su accionamiento o mando, que las separa en dos grupos, de mando manual, neumático o mecánico y de mando electromagnético, evidenciando estas en la figura 27.



**Figura 27-2.** Válvulas neumáticas  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

#### **2.14.2. Válvulas neumáticas con mando manual**



**Figura 28-2.** Válvula neumática con mando manual

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Las válvulas de accionamiento manual, figura 28, para (N. Serrano s.f., 144), “son aquellas que para su funcionamiento requieren la acción voluntaria del operador. En un circuito neumático puro, es decir resuelto solamente con la tecnología neumática, el número de válvulas de accionamiento manual dependerá del grado de automatización del sistema”.

#### **2.14.3. Válvulas neumáticas con mando mecánico**

Este tipo de válvulas son accionadas mediante un mecanismo en movimiento o a su vez por el vástago del cilindro que controla. Usualmente son de poco tamaño y empleadas con válvulas detractoras de posición, como se muestra en la figura 29.

Los mecanismos que puede estar acopladas a estas válvulas son: rodillos, palancas, palanca-rodillo y mecanismos adaptables a las necesidades del proceso.



**Figura 29-2.** Válvula neumática con mando mecánico

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

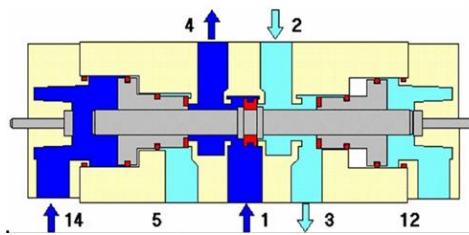
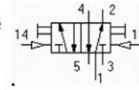
#### **2.14.4. Válvulas neumáticas con pilotaje neumático**

El pilotaje neumático según (N. Serrano s.f., 150), “consiste en accionar una válvula a distancia aprovechando la fuerza que produce el aire a presión. Esta fuerza esta utilizada para desplazar el núcleo de la válvula y producir la conmutación de la vías”.

Las válvulas con este tipo de sistema se emplean como elementos de control de los distintos tipos de actuadores neumáticos como motores, actuadores rotativos y cilindros

Se debe considerar que, “sólo se puede producirse el desplazamiento de la corredera, si en la cámara opuesta se desaloja el aire hacia el exterior” (N. Serrano s.f., 150), ya que es un gran inconveniente al momento de realizar el diseño de estos circuitos.

Válvula 5/2 con pilotaje neumático bi-estable



**Figura 30-2.** Válvula neumática con pilotaje neumático

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

#### **2.14.5. Electroválvulas**

Como se observa en la figura 31, “las electroválvulas, son auxiliares de mando que liberan, bloquean o desvían el paso de un fluido en función del cierre o apertura de su circuito eléctrico constituido por un electroimán” (Lladonosa 1997, 53)

Tienen la capacidad de formar un campo magnético cuando se cierra su circuito eléctrico, produciendo que se atraiga hasta la superficie polar del electroimán a un núcleo o armadura basculante. En el evento de interrupción del circuito eléctrico se extingue el campo magnético provocando que el núcleo retome su posición por defecto.

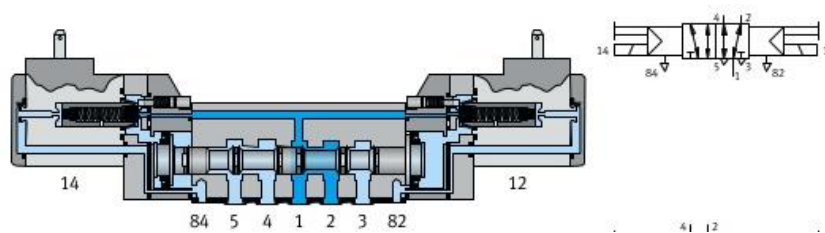


**Figura 31-2.** Electroválvulas

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

#### **2.14.6. Válvulas neumáticas con pilotaje electromagnético**

El pilotaje electromagnético de una válvula se utiliza cuando la señal de cambio proviene de un final de carrera eléctrico, de un presostato o de un dispositivo eléctrico. Gracias a este pilotaje podemos transformar una señal eléctrica en una señal neumática orientada al accionamiento del mecanismo de cierre o apertura de las distintas vías de las válvulas.



**Figura 32-2.** Válvula neumática con pilotaje electromagnético  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

## 2.15. Circuito eléctrico

Un circuito eléctrico, es el conjunto elementos eléctricos dispuestos de forma ordenada, donde como mínimo se requiere de una fuente de tensión, elementos de conducción y un receptor o consumidor, figura 33.

“En la fuente de tensión se transforma energía en energía eléctrica, obteniendo una tensión eléctrica.” (Hübscher, y otros 1991, 25)

Mientras que, “en el receptor se transforma la energía eléctrica en la forma de energía deseada” (Hübscher, y otros 1991, 25); que puede ser mecánica, luminosa, térmica o magnética.

Adicional a estos elementos básicos se presentan elementos de control como los interruptores, pulsadores y contactores, que nos ayudan al manejo y control de nuestro circuito.

Los interruptores son elementos capaces cerrar o abrir el circuito eléctrico, permitiendo o no el flujo de energía por los conductores.

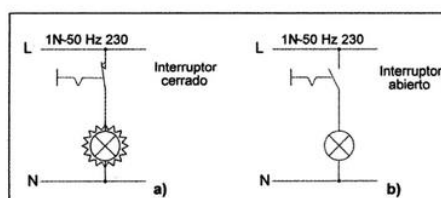
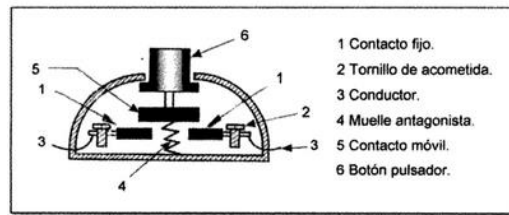


Figura 10 Representación de un circuito eléctrico simple formado por lámpara, interruptor y red eléctrica: a) Circuito cerrado. b) Circuito abierto.

**Figura 33-2.** Circuito eléctrico uso de interruptor  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

El pulsador, según la UNE 21302-90, es un “auxiliar de mando provisto de un elemento de mando destinado a ser accionado por la fuerza ejercida por una parte del cuerpo humano, generalmente el dedo o la palma de la mano, y que tiene una energía de retorno acumulada” (Lladonosa Giro 2004, 55), como se muestra en la figura 34.



**Figura 34-2. Funcionamiento del Pulsador**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Pueden ser de contacto normalmente abierto en reposo NA o NO, generalmente color verde, figura 35, los que mantiene abierto al circuito mientras no sean pulsados;



**Figura 35-2. Pulsador normalmente abierto**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

O de contacto normalmente cerrado en reposo NC, generalmente color rojo, figura 36, que por el contrario mantiene el circuito cerrado mientras no sea pulsado.



**Figura 36-2. Pulsador normalmente cerrado**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Los contactores para (Senner 1994, 97), “son interruptores electromagnéticos para grandes potencias de interrupción. Generalmente el mecanismo de interrupción se mueve y se mantiene en su posición de cierre mediante la armadura de un electroimán.”, como se muestra en la figura 37.

Mientras la energía fluya por el carrete del electroimán se mantendrá cerrando el circuito eléctrico del consumidor, y al mismo tiempo, brinda la posibilidad de abrir o cerrar otros contactos adicionales para circuitos de control adicionales y de señalización





**Figura 37-2.** Contactor 18A  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

### 2.16.1. Simulación eléctrica (Automation Studio)

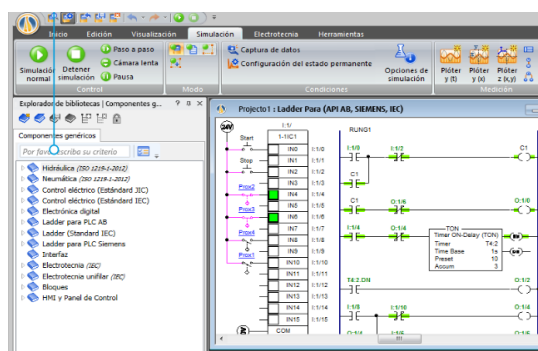
La simulación neumática es una técnica empleada para diseñar un esquema eléctrico que se pretende instalar, y tener experiencias con él, con la finalidad de comprender el funcionamiento o evaluar nuevas estrategias para el funcionamiento eléctrico.

Automation Studio™, figura 38, es una solución de software única que ofrece diseño, animación y simulación intuitiva, con funcionalidades de simulación y análisis de sistemas en un ambiente versátil y de fácil uso.

Esta herramienta permite manejar más contenido en menos tiempo, mejorar la comprensión de conceptos y rendimiento óptimo de al diseñar circuitos. Además, conecta con una gran gama de bibliotecas destacando:

La biblioteca de control eléctrico interactúa con los componentes de otras bibliotecas para crear así sistemas completos controlados eléctricamente.

La biblioteca de electrotecnia ofrece una amplia gama de componentes para crear circuitos eléctricos desde los más simples hasta los más complejos, en corriente alterna y continua. Arrancadores progresivos y variadores de frecuencia para motores están igualmente disponibles. La biblioteca ofrece componentes creados de acuerdo a los modelos reales de fabricantes como Siemens™, Allen Bradley™, etc.



**Figura 38-2.** Interfaz Automation Studio  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

## 2.17. Sistema lógico

### 2.17.1. Orígenes del PLC

La idea de utilizar el cable eléctrico como medio de transmisión de datos no es nueva, aunque inicialmente su uso se limitaba al control de líneas eléctricas y a la transmisión a baja velocidad de datos de medida procedentes de las lecturas de los contadores. Posteriormente las compañías eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión interna de datos, hasta llegar a una serie de pruebas realizadas durante los años 90 en distintos países europeos que no alcanzaron los resultados esperados.

### 2.17.2. PLC: Controlador Lógico Programable

PLC (Power Line Communication) es una tecnología que permite ofrecer servicios de comunicaciones de banda ancha a través de la red eléctrica. Aunque no es tan reciente como puede suponerse, PLC ha sido objeto de gran atención en los últimos años, y el hecho de que en la actualidad se estén desarrollando pruebas y despliegues más o menos extensos en cerca de ochenta países es un síntoma claro de su potencial y del interés que despierta.

### 2.17.3. PLC Delta

La Serie de **PLC** de **Delta DVP** están diseñados para un alto rendimiento, alta flexibilidad, y facilidad de programación. Se cuenta con **PLC** modulares ultra pequeños hasta los **PLC** grandes estilo ladrillo la línea de productos **DVP** ofrece numerosas funciones, incluyendo velocidad de 0,24 microsegundos por instrucción, dos ejes lineales sincrónicos / interpolación de Arco, conectividad Ethernet, Web Server, Multi-lazo de **control de temperatura**, PID auto-ajutable, y 500kHz pulsos de salida. Estas características, junto el **DVP** facilita la integración con todos los productos de automatización de **Delta**, crea un sistema que cumple con muchas de las aplicaciones más difíciles en el mercado de hoy.



**Figura 39-2.** Controlador Lógico Programable (PLC) Delta  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La delgada y compacta serie micro **DVP-S** viene con una variedad de características y está disponible en cinco unidades principales de procesadores (MPU). El **DVP-SS** MPU ofrece la forma más fácil y las funciones básicas para el control secuencial, mientras que el **DVP-SA** MPU ofrece un programa de mayor capacidad y eficiencia de operación. El **DVP-SX** MPU apoya entrada / salida digitales y dispone de múltiples canales analógicos de entrada I/O (Entrada/Salida). Ofrece alta velocidad en los pulsos de salida y funciones de conteo de pulso, el **DVP-SC** MPU es el más adecuado para el control de movimiento. El sofisticados **DVP-SV** MPU ofrece en el lado izquierdo extensiones interfase de alta velocidad que permite la conexión a una variedad de interfases de red (por ejemplo, **Ethernet, DeviceNet, Profibus**). (VARITEL. INGENIERÍA ELECTRÓNICA S.A. s.f.)

#### 2.17.4. PLC Siemens S7 1200 1214

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 es el núcleo de la nueva línea de productos Siemens, ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las tareas de automatización sencillas pero de alta precisión. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7- 1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. (SIEMENS 2009)



**Figura 40-2.** Controlador Lógico Programable (PLC) Siemens S7 1200

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

El Simatic S7-1200 ofrece a los profesionales de la instalación un amplio abanico de características técnicas entre las cuales cabe destacar las siguientes:

- Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- Entradas analógicas integradas.
- Bloques de función para control de ejes conforme a PLCopen.
- Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v13 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels.

El sistema S7-1200 desarrollado viene equipado con cinco modelos diferentes de CPU (CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C, CPU 1215C y CPU 1217C) que se podrán expandir a las necesidades y requerimientos de las máquinas. (SIEMENS s.f.)

## **CAPÍTULO III**

### **3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

#### **3.1. Parámetros de diseño**

Para la ejecución y desarrollo del proyecto se tomarán en cuenta:

- La situación actual de la planta.
- Manipulación manual de puertas en las jaulas de ordeño para la apertura y cierre de las puertas.
- Requerimiento de humedad en el alimento.

#### **3.2. Variables de diseño**

Las variables a considerar en este caso serán:

- Horas Hombre/Mujer empleado por jornada de ordeño.
- Cantidad de materia seca que necesita ser humedecido, en función al ganado bovino.
- Cantidad de agua que requiere el alimento para llegar al porcentaje de humedad idóneo.

#### **3.3. Análisis de la situación actual de la planta**

La investigación utilizará datos primarios obtenidos de las diversas visitas que se realicen a la Estación Experimental Tunshi, además será de carácter experimental y explicativa.

La variable por estudiar será el tiempo empleado por el operario en las actividades mencionadas en la tabla 1 (Intervención del operario), medido en segundos. Por lo que la población será el tiempo total de las actividades que realiza el operador sobre las jaulas y la preparación del alimento durante la extracción.

Para obtener estos datos se elaborará los diagramas de actividades, como se muestra en la figura 1, y diseño de la planta en la figura 2 y en el anexo A plano 1, los cuales nos entregarán la secuencia de actividades y distribución de las jaulas, identificando actividades relacionadas con la apertura y cierre de las jaulas de ordeño y el alimento para el bovino.

DIAGRAMA DE PROCESO					
MÉTODO ACTUAL:				Fecha:	
MÉTODO PROPUESTO:				Diagrama: DE PROCESO	
SUJETO DEL DIAGRAMA:				Realizado por: FRANKLIN DÁVILA	
				FERNANDO ORDOÑEZ	
Departamento: ORDEÑO			Hoja º : 01		
Distancia en (m)	Tiempo en (seg)	Nº	Simbolos del diagrama	Descripción del proceso	
	13,06	1		ENCENDIDO DE MÁQUINAS	
13,56	20,63	1		TRASLADO DE BALANCEADO DESDE BODEGA HACIA EL AREA DE MEZCLADO	
	6,02	2		VERTIR BALANCEADO EN RECIPIENTE	
	6,38	3		COLOCAR AGUA EN EL ALIMENTO	
	11,16	4		MEZCLADO DEL ALIMENTO	
4,46	2,92	2		MOVIMIENTO DEL OPERARIO A LA JAULA DE ORDEÑO	
	2,54	5		ABRIR MANUALMENTE PUERTA DE INGRESO DE LA JAULA	
	7,9	6		COLOCAR MANUALMENTE ALIMENTO EN EL COMEDERO	
8,68	9,73	3		MOVIMIENTO DEL OPERARIO A LA PUERTA DE INGRESO DE LOS BOVINOS	
	2,64	7		ABRIR PUERTA PRINCIPAL PARA INGRESO DE BOVINO	
8,68	9,53	4		MOVIMIENTO DEL OPERARIO DE LA PUERTA DE INGRESO DE BOVINO HACIA LA JAULA DE ORDEÑO	
	4,67	8		CERRAR MANUALMENTE PUERTA DE INGRESO A LA JAULA Y COLOCAR SEGURO EN PUERTA	
	1,64	9		ABRIR LLAVE DE AGUA	
	12,3	10		LAVAR UBRES	
	4,57	11		CERRAR LA LLAVE Y COGER PAPEL DE LIMPIEZA	
	3,62	12		LIMPIAR CON PAPEL LAS UBRES	
	3,03	13		COLOCAR CÓDIGO DE LA VACA EN TABLERO Y GENERAR VACÍO	
	8,97	14		COLOCAR PEZONERAS	
	266,3	1		DEMORA: EXTRACCIÓN	
	1,93	15		SACAR LAS PEZONERAS	
	4,9	16		REGISTRO PARCIAL DE LITROS PRODUCIDO	
	3,38	17		SELLAR UBRE CON YODO	
	4,1	18		RETIRAR SEGURO Y ABRIR MANUALMENTE LA PUERTA DE SALIDA DE JAULA	
	6,46	2		DEMORA: SALIDA DE BOVINO	
	3,46	19		CERRAR MANUALMENTE LA PUERTA DE SALIDA DE JAULA	
35,38	408,78		19 4 0 2 0 0		

**Figura 1-3. Diagrama de actividades. Actual**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Con el diagrama de actividades de la figura 1 se establece que para la extracción de leche de un solo bovino se requiere en promedio 408,78 segundos, utilizando 2 horas y 15 minutos para la jornada de ordeño de 19 bovinos. A continuación en la tabla 1, se muestra las actividades que serán intervenidas:

**Tabla 1-3. Intervención del operario**

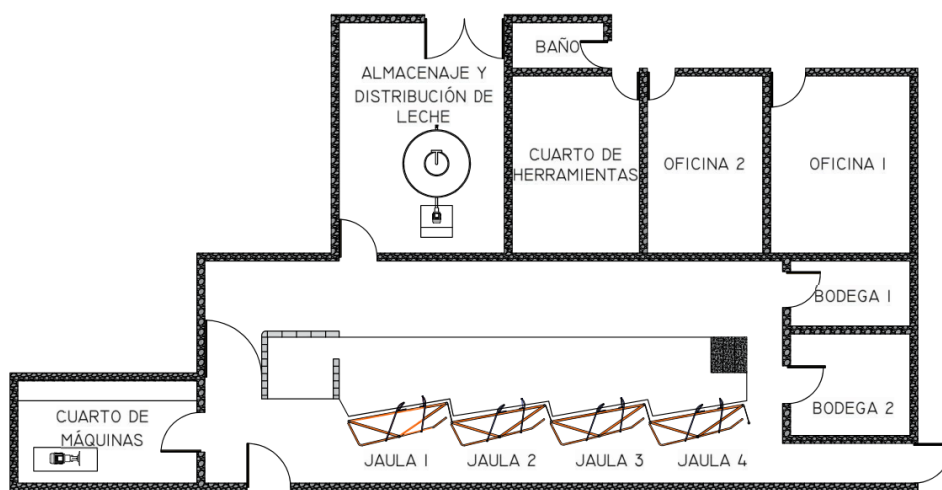
ACTIVIDADES	INTERVENCIÓN
ENCENDIDO DE MÁQUINAS	NO
<b>PREPARACIÓN DEL ALIMENTO</b>	
TRASLADO DE BALANCEADO DESDE BODEGA HACIA EL AREA DE MEZCLADO	NO
VERTIR BALANCEADO EN RECIPIENTE	NO
COLOCAR AGUA EN EL ALIMENTO	SI
MEZCLADO DEL ALIMENTO	SI

Tabla 1-3. Intervención del operario (continuación)

<b>EXTRACCIÓN</b>	
MOVIMIENTO DEL OPERARIO A LA JAULA DE ORDEÑO	NO
ABRIR MANUALMENTE PUERTA DE INGRESO DE LA JAULA	SI
COLOCAR MANUALMENTE ALIMENTO EN EL COMEDERO	NO
MOVIMIENTO DEL OPERARIO A LA PUERTA DE INGRESO DE LOS BOVINOS	NO
ABRIR PUERTA PRINCIPAL PARA INGRESO DE BOVINO	NO
MOVIMIENTO DEL OPERARIO DE LA PUERTA DE INGRESO DE BOVINO HACIA LA JAULA DE ORDEÑO	NO
CERRAR MANUALMENTE PUERTA DE INGRESO A LA JAULA Y COLOCAR SEGURO EN PUERTA	SI
ABRIR LLAVE DE AGUA	NO
LAVAR UBRES	NO
CERRAR LA LLAVE Y COGER PAPEL DE LIMPIEZA	NO
LIMPIAR CON PAPEL LAS UBRES	NO
COLOCAR CÓDIGO DE LA VACA EN TABLERO Y GENERAR VACÍO	NO
COLOCAR PEZONERAS	NO
DEMORA: EXTRACCIÓN	NO
SACAR LAS PEZONERAS	NO
REGISTRO PARCIAL DE LITROS PRODUCIDO	NO
SELLAR UBRE CON YODO	NO
RETIRAR SEGURO Y ABRIR MANUALMENTE PUERTA DE SALIDA DE LA JAULA	SI
DEMORA: SALIDA DE BOVINO	NO
CERRAR MANUALMENTE LA PUERTA DE SALIDA DE JAULA	SI

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Con el fin de establecer el diagrama de planta, figura 2 y en el anexo A plano 1, se realizó una visita a la planta de extracción de leche donde se tomaron las medidas de pasillos, puertas de jaula y paredes, obteniendo el siguiente diagrama.



**Figura 2-3.** Diagrama de planta. Anexo A Plano 1

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La muestra se obtendrá proporcionalmente de una semana de extracción, ésta se calculará mediante el método cálculo de la muestra, para ello se tomará una toma inicial de 24 observaciones. Mientras que para la asignación de la hora de ordeño como la jaula a ser medida se codifican mediante la letra A y B respectivamente y se utilizará aleatorización simple mediante números pseudoaleatorios aplicando la técnica del cronometraje.

## ALEATORIZACIÓN

**Tabla 2-3.** Aleatorización

	<b>HORA DE REALIZACIÓN (A)</b>	
<b>JAULA(B)</b>	4AM-5:30AM(A1)	14:30PM-16:00(A2)
JAULA1(B1)		
JAULA2(B2)		
JAULA3(B3)		
JAULA4(B4)		

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Tabla 3-3.** Codificación de mediciones visita 1

	<b>CODIGOS</b>		<b>COMBINACIONES</b>	<b>ORDEN DE MUESTRA</b>
<b>Visita 1</b>	A2	B1	14:30 PM-16:00 PM - JAULA1	1
	A1	B4	04:00 AM-05:30 AM - JAULA4	2
	A2	B3	14:30 PM-16:00 PM - JAULA3	3
	A2	B2	14:30 PM-16:00 PM - JAULA2	4
	A1	B1	04:00 AM-05:30 AM - JAULA1	5
	A1	B2	04:00 AM-05:30 AM - JAULA2	6
	A1	B3	04:00 AM-05:30 AM - JAULA3	7
	A2	B4	14:30 PM-16:00 PM - JAULA4	8

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Tabla 4-3.** Codificación de mediciones visita 2

	CODIGOS		COMBINACIONES	ORDEN DE MUESTRA
Visita 2	A2	B3	14:30 PM-16:00 PM - JAULA3	1
	A1	B4	04:00 AM-05:30 AM - JAULA4	2
	A2	B4	14:30 PM-16:00 PM - JAULA4	3
	A2	B2	14:30 PM-16:00 PM - JAULA2	4
	A1	B2	04:00 AM-05:30 AM - JAULA2	5
	A2	B1	14:30 PM-16:00 PM - JAULA1	6
	A1	B1	04:00 AM-05:30 AM - JAULA1	7
	A1	B3	04:00 AM-05:30 AM - JAULA3	8

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Tabla 5-3.** Codificación de mediciones visita 3

	CODIGOS		COMBINACIONES	ORDEN DE MUESTRA
Visita 3	A1	B1	04:00 AM-05:30 AM - JAULA1	1
	A1	B4	04:00 AM-05:30 AM - JAULA4	2
	A1	B2	04:00 AM-05:30 AM - JAULA2	3
	A1	B3	04:00 AM-05:30 AM - JAULA3	4
	A2	B2	14:30 PM-16:00 PM - JAULA2	5
	A2	B1	14:30 PM-16:00 PM - JAULA1	6
	A2	B3	14:30 PM-16:00 PM - JAULA3	7
	A2	B4	14:30 PM-16:00 PM - JAULA4	8

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Finalizado las codificaciones que se detallan en las tablas 3, 4 y 5, las que nos brindan el orden para la toma de las mediciones, se procede hacer las visitas a la Estación Experimental de Tunshi y filmar el proceso de ordeño para realizar las mediciones de tiempos de las actividades que se detallan en la tabla 6.

**Tabla 6-3.** Actividades en estudio

Nº	ACTIVIDADES
1	COLOCAR AGUA EN EL ALIMENTO MANUALMENTE
2	MEZCLADO DEL ALIMENTO MANUALMENTE
3	ABRIR MANUALMENTE PUERTA DE INGRESO DE LA JAULA
4	CERRAR MANUALMENTE PUERTA DE INGRESO A LA JAULA Y COLOCAR SEGURO MECÁNICO EN PUERTA
5	RETIRAR SEGURO Y ABRIR MANUALMENTE PUERTA DE SALIDA DE LA JAULA
6	CERRAR MANUALMENTE PUERTA DE SALIDA DE LA JAULA

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

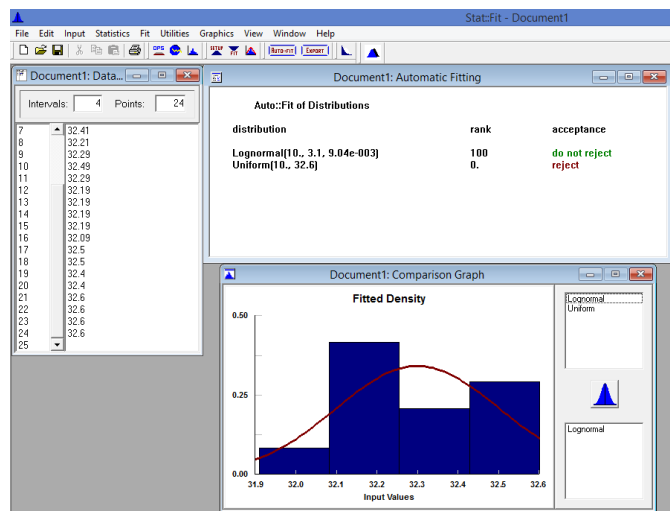
Las mediciones realizadas a las actividades intervenidas nos arrojan los siguientes resultados, (ver tabla 7):

**Tabla 7-3.** Resumen de tiempos (24 observaciones). Anexo B

Nº	MEDIDA	Nº	MEDIDA
1	32,22	13	32,19
2	32,23	14	32,19
3	32,13	15	32,19
4	31,93	16	32,09
5	31,91	17	32,50
6	32,11	18	32,50
7	32,41	19	32,40
8	32,21	20	32,40
9	32,29	21	32,60
10	32,49	22	32,60
11	32,29	23	32,60
12	32,19	24	32,60

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Para determinar el tamaño ideal de la muestra, se evaluó el tipo de distribución con el que cuenta las primeras mediciones, para ello se usó el software libre ProModel y la aplicación Stat:Fit, evidenciando en la figura 3 el resultado que nos arroja de las mediciones. En ella se evidencia que nuestros datos tienen una distribución Lognormal, la cual el software nos garantiza con una aceptación del 100%.



**Figura 3-3:** Tipo de distribución

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La tabla 8 muestra la tabulación realizada mediante software Microsoft Office Excel, el que ayudará a encontrar los indicadores estadísticos como la media, varianza y desviación estándar. Establecida la distribución normal de nuestros datos iniciales se procede a realizar el cálculo del tamaño de la muestra requerida para nuestro estudio, mediante las herramientas de Excel.

**Tabla 8-3.** Indicadores estadísticos

DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,21
VARIANZA	0,04
ERROR	0,05

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Tabla 9-3.** Número de mediciones requeridas

NIVEL DE CONFIANZA	NC	0,025
ESTADÍSTICO Z	Z	-1,96
	Z <sup>2</sup>	3,84
NÚMERO DE MEDICIONES REQUERIDAS	$n=(Z^2*\sigma^2)/E^2$	65,14

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La tabla 9 nos muestra las mediciones necesarias (66 mediciones), que se tiene que realizar para la ejecución del proyecto, por ello se procede a realizar las 42 mediciones faltantes.

Se calcula el tiempo promedio que el operador utiliza para realizar el mezclado del agua con el alimento y el control de las puertas por bovino ordeñado.

**Tabla 10-3.** Resumen de tiempos (42 mediciones). Anexo B

N°	MEDIDA	N°	MEDIDA	N°	MEDIDA	N°	MEDIDA
25	31,62	36	31,84	47	32,34	58	32,16
26	31,54	37	31,78	48	32,34	59	32,37
27	31,69	38	31,72	49	33,50	60	32,27
28	31,73	39	31,76	50	32,85	61	32,87
29	31,77	40	31,75	51	33,60	62	33,16
30	31,90	41	31,75	52	33,11	63	32,87
31	31,87	42	31,70	53	31,75	64	32,30
32	31,75	43	31,90	54	31,52	65	31,77
33	31,79	44	31,67	55	32,46	66	32,70
34	31,52	45	30,55	56	32,58		
35	31,48	46	31,87	57	32,56		

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Realizadas las mediciones necesarias, se determinó que el tiempo promedio que ocupa un vaquero para realizar las actividades ligadas tanto a la apertura y cierre de las puertas como la colocación de agua en el alimento durante la extracción de leche a un solo bovino es de 32,10 seg.

También se analizó el estado en el que se encuentran las puertas de las jaulas de ordeño evidenciando los siguientes inconvenientes en su manejo:

- La figura 4 y figura 5 muestra choques entre la puerta de salida de la jaula 3 y la puerta de entrada de la jaula 4 en la posición de cierre, provocando un bloqueo entre estas puertas y que el operador tenga que usar sus manos para realizar el desbloqueo.



**Figura 4-3.** Choque de puertas y esfuerzos del operador

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 5-3.** Esfuerzo del operador

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

- La figura 6 muestra los componentes de las jaulas doblados por golpes del bovino y a la par el diseño empírico. Conllevando esto a realizar un mayor esfuerzo en los vaqueros para conseguir el giro del mecanismo para la apertura y cierre de las puertas por la desviación de los tubos, en  $14^\circ$  poniendo de referencia la vertical



**Figura 6-3.** Componentes doblados

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

- Cierre de las puertas inadecuado debido a la forma irregular y al recorrido excesivo del brazo que transmite el movimiento, figura 7, provocando que la puerta llegue a su punto de cierre y realice un recorrido contrario abriendo la puerta alrededor de 10 cm.



**Figura 7-3. Mecanismo antiguo**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

- Los vaqueros están expuestos a realizar esfuerzos con sus manos por encima del hombro al momento de realizar la apertura y cierre de las puertas en cada una de las jaulas, como se muestra en la figura 8.

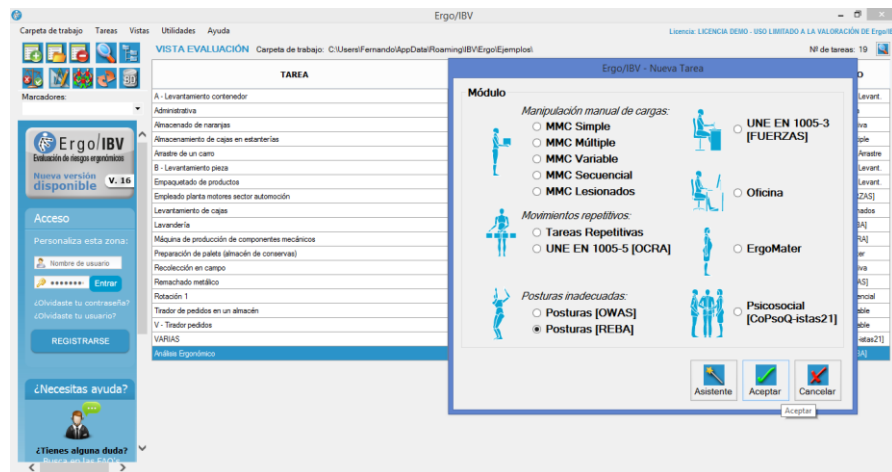


**Figura 8-3. Postura anti ergonómica del vaquero**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Este fue otro problema que se evidenció en la sala de ordeño de la Estación Experimental Tunshi, las posturas inadecuadas que adoptaban los vaqueros al momento que realizan las actividades de apertura y cierre de las puertas de las jaulas de ordeño, es por ello que se decide hacer un análisis ergonómico de dichas tareas, haciendo uso del software Ergo/IBV, instalado en el laboratorio de ergonomía de la escuela de ingeniería industrial de la ESPOCH.

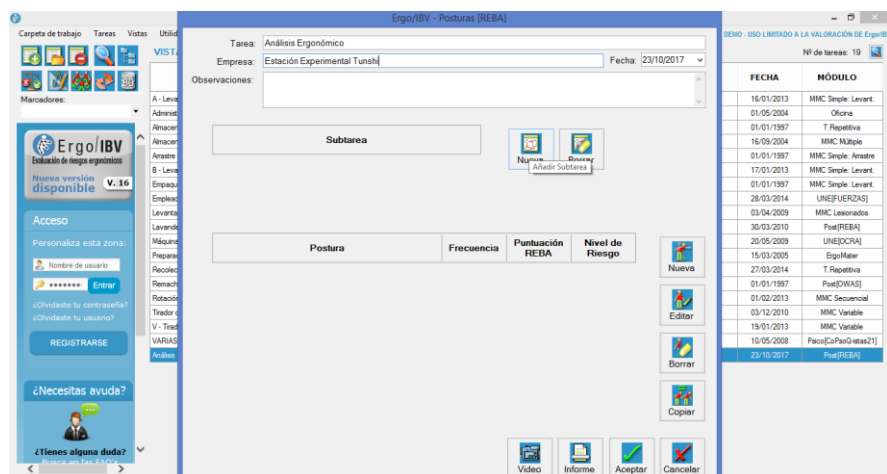
Para ello se siguen los siguientes pasos:

1. Se abre el software Ergo/IBV y en el cuadro de diálogo, figura 9, que se despliega se selecciona el método que se aplica para el análisis, en este caso REBA (Rapid Entire Body Assessment), y aceptamos. Se selecciona este porque nos permite un análisis conjunto de las posiciones que adopta los miembros superiores, tronco, cuello y piernas, además de la carga postural dinámica y estática.

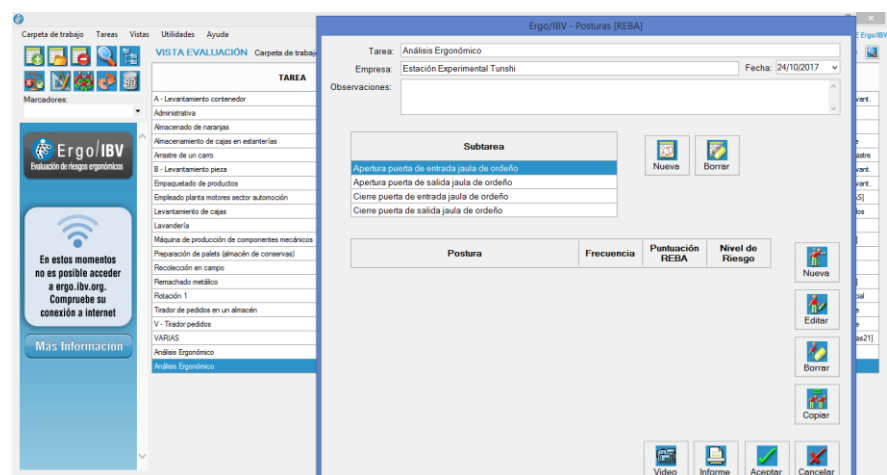


**Figura 9-3. Interfaz Software Ergo/IBV**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

- En el siguiente cuadro, se llena la información correspondiente en cada espacio, y se elige una nueva subtarea, figura 10. En esta parte se añade todas las actividades que se analizarán, como se muestra en la figura 11.



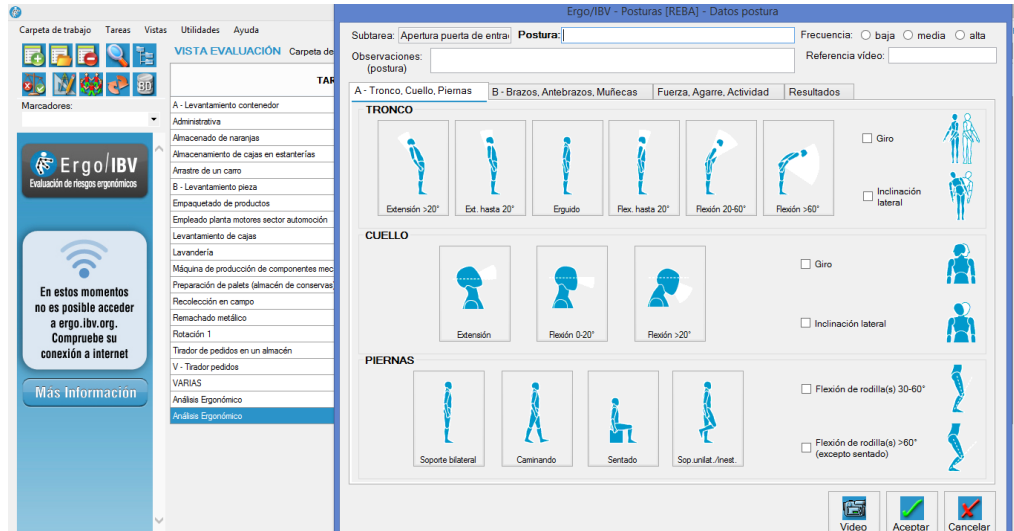
**Figura 10-3. Título del análisis ergonómico**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 11-3. Detalle de las subtarear por analizar**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



- Una vez creadas las subtareas para el análisis se procede a llenar la información correspondiente a cada una de ellas, haciendo clic en la opción nueva, desplegando el siguiente cuadro de diálogo, figura 12. En este caso se muestra la información para la subtask de apertura de la puerta de entrada de la jaula de ordeño.



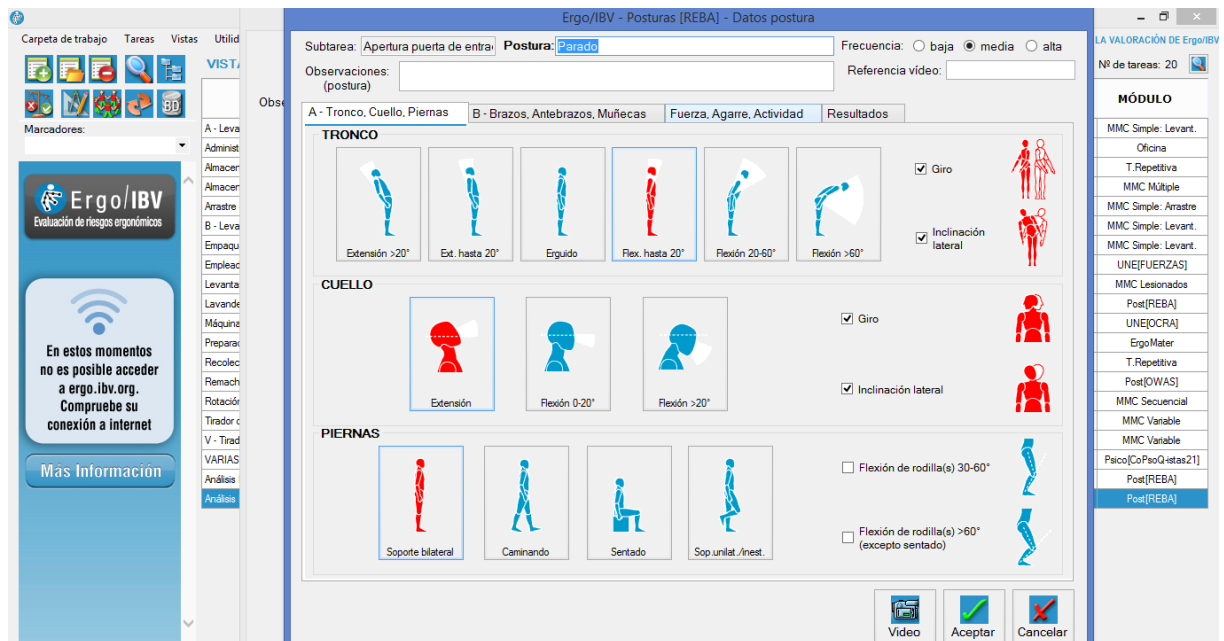
**Figura 12-3.** Interfaz del método seleccionado  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

- La primera parte de este cuadro de diálogo se llena con una postura del vaquero parada y una frecuencia de actividad media. Para el resto de información se extraen imágenes de los videos obtenidos en las diferentes visitas a la Estación y realizar en ellas las diferentes mediciones correspondientes que requiere el software para realizar el análisis.

La figura 13 muestra la flexión que tiene el tronco del vaquero en un ángulo de  $11^\circ$ , el giro que realiza su cuerpo, las piernas en soporte bilateral y la inclinación lateral de  $21^\circ$ . Esto ayuda para seleccionar en el software la parte de tronco, cuello y piernas, figura 14.



**Figura 13-3:** Mediciones de tronco, cuello y piernas  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 14-3.** Determinación de tronco, cuello y piernas

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

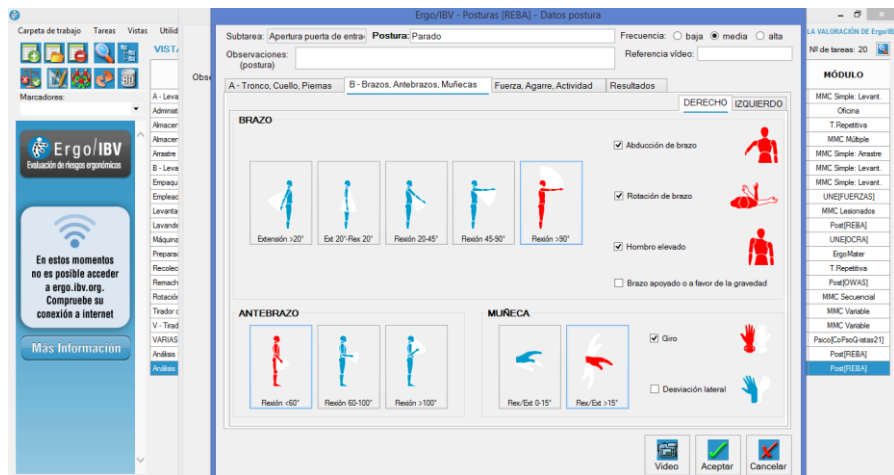
5. Terminado esta sección pasamos a la parte de brazos, antebrazos y muñecas para realizar el mismo procedimiento anterior según las imágenes obtenidas, en primera instancia para la parte derecha del cuerpo, figura 15, donde se evidencia que el brazo de los vaqueros están a  $125^\circ$  y  $159^\circ$ , abiertos y el hombro alzado. La posición del antebrazo tiene un ángulo de  $28^\circ$  y la muñeca un ángulo de  $40^\circ$ . Entendiendo que para la apertura y cierre de la puerta de entrada del bovino la actividad la realizan con la mano derecha y en el caso de la puerta de salida la realizan con la mano izquierda. El detalle de este análisis se puede evidenciar en la figura 16 y figura 17.



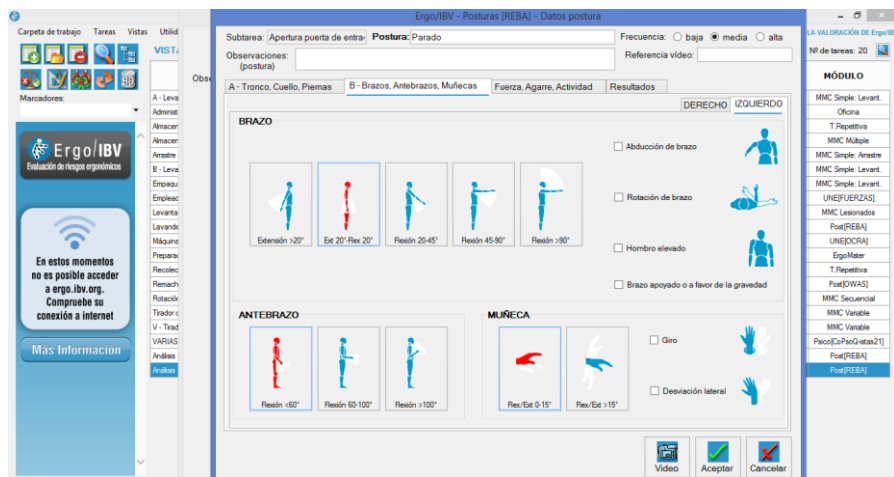
**Figura 15-3.** Mediciones de brazos, antebrazos y muñecas

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.





**Figura 16-3.** Especificación de brazos, antebrazos y muñecas. Lado derecho  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 17-3.** Especificación de brazos, antebrazos y muñecas. Lado izquierdo  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

6. En la parte de fuerza, agarre y actividad se selecciona cada una de las especificaciones del software según las mediciones obtenidas en imágenes. Para la parte de fuerza se hizo la medición usando una balanza de mano (romanilla). En la figura 18 se evidencia la fuerza que realiza el vaquero para la apertura y cierre de las puertas que oscila entre los 6 y 8 kg y con este valor se procede a seleccionar en el software para seguir con el análisis como muestra la figura 19.



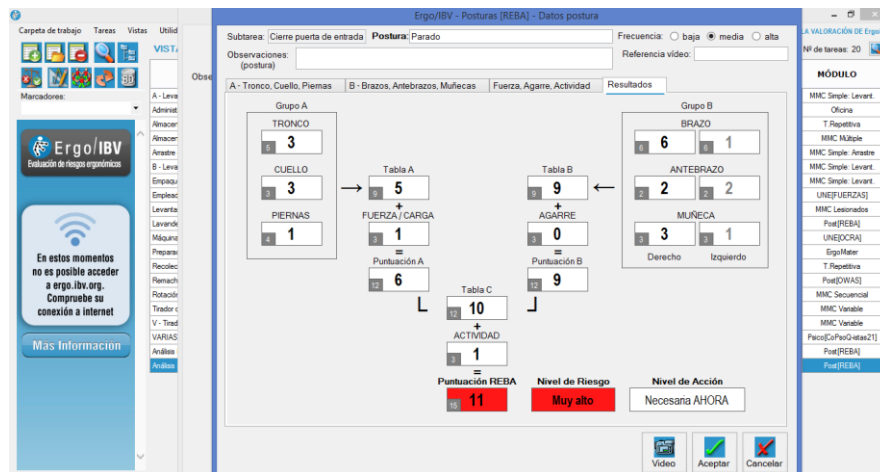
**Figura 18-3.** Medida de la fuerza (romanilla) para apertura y cierre de puertas manual  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Figura 19-3.** Especificación de la fuerza, agarre y actividad  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

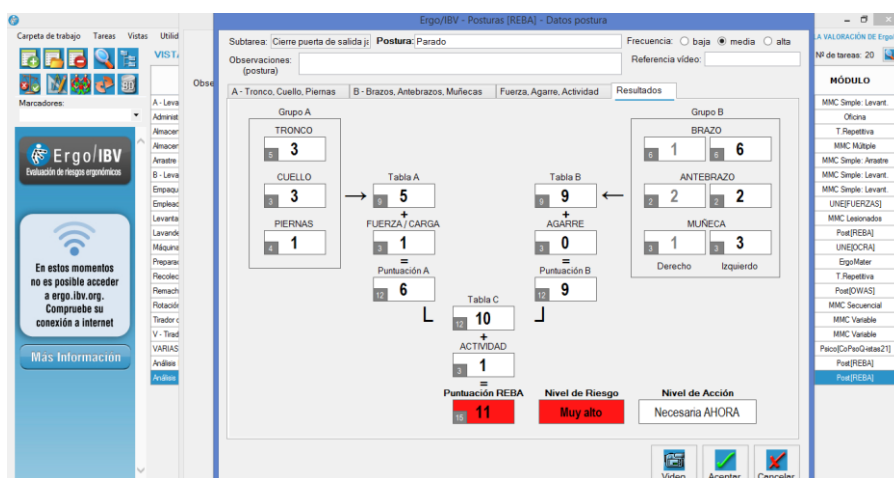
7. Finalmente, en la opción de resultados, en la figura 20 se evidencia una puntuación 11. Este mismo proceso se realiza para las siguientes sub tareas, evidenciando los siguientes resultados:

**Figura 20-3.** Cuadro de resultados de la apertura de puerta de entrada  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Figura 21-3.** Cuadro de resultados de la apertura de puerta de salida  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 22-3.** Cuadro de resultados del cierre de puerta de entrada  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 23-3.** Cuadro de resultados del cierre de puerta de salida  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

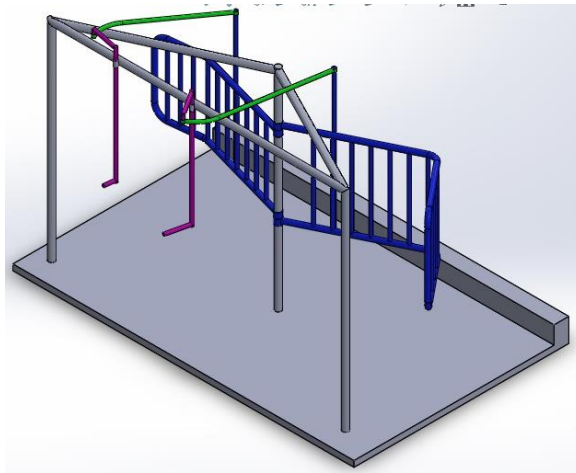
Este mismo procedimiento se realizó para el análisis de las siguientes subtareas, en las que también se evidenció el mismo resultado llegando a determinar que el riesgo es muy alto y el nivel de acción es necesaria e inmediata.

Por último este software tiene la opción de generar un informe que se muestra en el Anexo C.

- Mediante la observación directa en las diferentes visitas realizadas a la Estación se pudo evidenciar que en la sala de ordeño no existe un sistema para el proceso de humedecimiento del alimento que garantice el porcentaje de humedad idóneo, porque éste es realizado por los vaqueros de forma manual obteniendo variación de humedad en el alimento.

### 3.4. Diseño del equipo para apertura y cierre de puertas

Basados en el diagrama de planta se elaborará el modelo del mecanismo con el que cuenta actualmente la planta de extracción. (Ver figura 24).

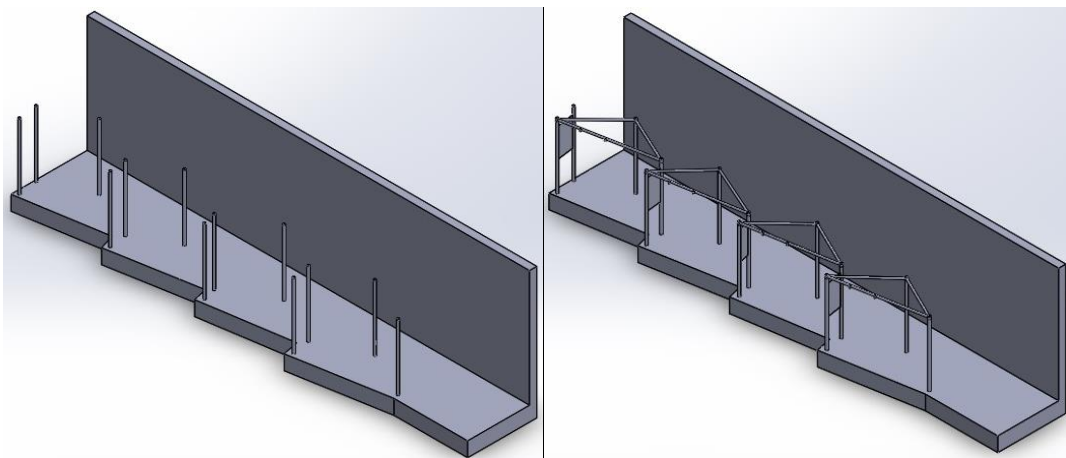


**Figura 24-3.** Jaula situación actual

Fuente: Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Evidenciados los inconvenientes se procede a construir nuevas puertas para las jaulas y diseñar un nuevo mecanismo para su apertura y cierre.

**SISTEMA MECÁNICO:** Para empezar el diseño del nuevo mecanismo se conservó como base las medidas tomadas de pasillos, postes y puertas, ya representadas de forma virtual en SolidWorks Student, figura 25, sin tomar en cuenta el mecanismo que realizaba la transmisión del movimiento.



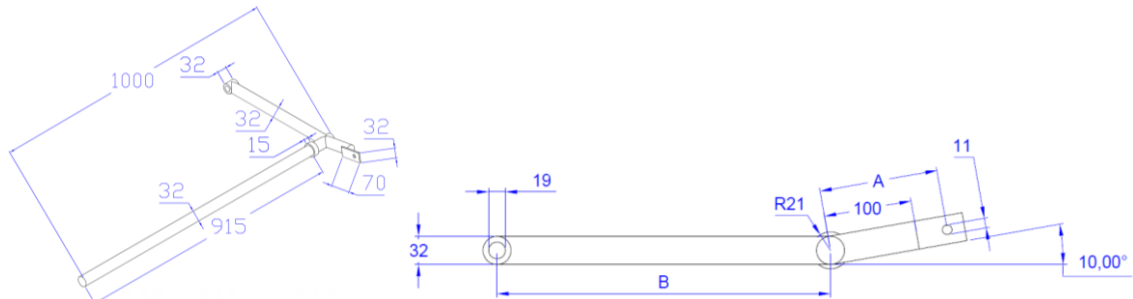
**Figura 25-3.** Postes y triángulo

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Manipulando la reproducción virtual de la jaula y el espacio disponible se diseñó un mecanismo móvil para la apertura, que cuenta con una barra y una palanca de dos brazos, unidos por articulaciones los cuales son los que transmiten la fuerza que realiza el cilindro. Dejando como opción la posibilidad de trabajar manualmente la apertura y cierre de las puertas.

Debido a que las jaulas de ordeño cuentan con medidas semejantes entre ellas, se diseñó una pieza exclusiva por jaula.

**PALANCA DE DOS BRAZOS:** Esta pieza será la que esté en contacto directo con el cilindro, cuenta con un brazo de menor distancia (A) y otro de distancia mayor (B), distancias que variarán según la jaula donde estará colocada, también se diferencia si está destinada para la entrada o para la salida ya que el ángulo que existe entre sus brazos es de 10 grados para la entrada y de 2 grados para la salida.



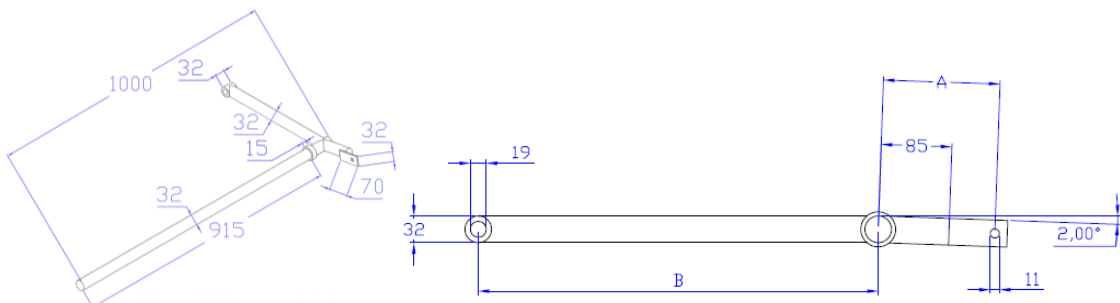
**Figura 26-3.** Palanca de dos brazos (puerta de entrada). Anexo A Plano 2 a Plano 5  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Tabla 11-3.** Dimensiones palanca de dos brazos (puerta de entrada)

PIEZA : PALANCA DE DOS BRAZOS DE ENTRADA		
JAULA	MEDIDA	
	A (mm)	B (mm)
1	135	380
2	135	384
3	142	378
4	135	384

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La tabla 11 muestra las medidas particulares que tiene la palanca de dos brazos para la puerta de entrada donde se detallan las medidas A y B, de la figura 26, que debe de tener por cada jaula ya que por espacio y diseño no son iguales una con respecto a la otra. Se puede evidenciar en el Anexo A la palanca de dos brazos para la puerta de entrada, realizado para cada jaula desde el plano 2 hasta el plano 5.



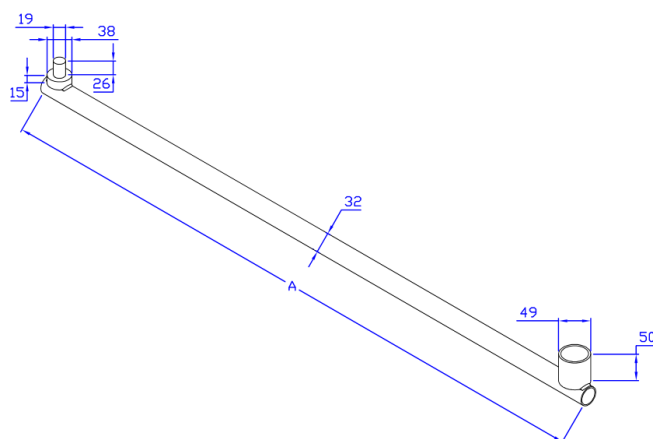
**Figura 27-3.** Palanca de dos brazos (puerta de salida). Anexo A Plano 6 a Plano 9  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Tabla 12-3.** Dimensiones palanca de dos brazos (puerta de salida)

PIEZA : PALANCA DE DOS BRAZOS DE SALIDA		
JAULA	MEDIDA	
	A (mm)	B (mm)
1	140	480
2	140	482
3	138	480
4	135	480

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La tabla 12 muestra las medidas particulares que tiene la palanca de dos brazos para la puerta de salida donde se detallan las medidas A y B, de la figura 27, que debe de tener por cada jaula ya que por espacio y diseño no son iguales una con respecto a la otra. Se muestra en el Anexo A la palanca de dos brazos para la puerta de salida, realizado para cada jaula desde el plano 6 hasta el plano 9.



**Figura 28-3.** Barra de puerta de entrada y puerta de salida. Anexo A Plano 10 a Plano 17

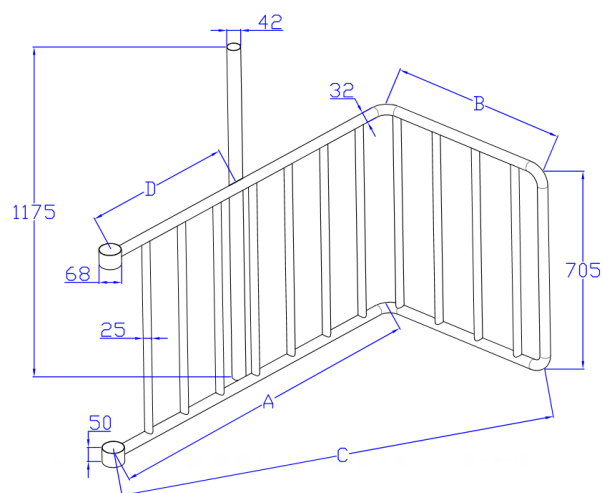
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Tabla 13-3.** Dimensiones barra de puerta de entrada y salida por jaula

PIEZA : BARRA DE ENTRADA		PIEZA : BARRA DE SALIDA	
JAULA	MEDIDA	JAULA	MEDIDA
	A (mm)		A (mm)
1	1110	1	1110
2	1110	2	1110
3	1115	3	1115
4	1110	4	1100

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La tabla 13 muestra las medidas particulares que tiene la barra de la puerta de entrada y salida en donde se detalla la medida de A, de la figura 28, que debe de tener por cada jaula. En el Anexo A se muestra la barra de la puerta de entrada y salida, realizado para cada jaula desde el plano 10 hasta el plano 17.



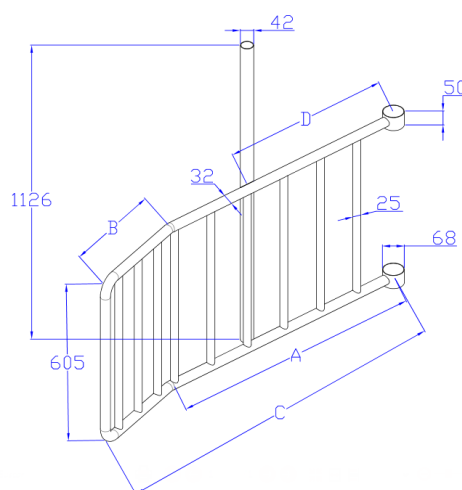
**Figura 29-3.** Puerta de entrada. Anexo A Plano 18 a Plano 21  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Tabla 14-3.** Dimensiones puerta de entrada

PIEZA : PUERTA DE ENTRADA				
JAULA	MEDIDA			
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
1	1160	600	1370	566
2	1155	600	1365	585
3	1200	620	1470	585
4	1110	600	1335	574

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La tabla 14 muestra las medidas particulares que tiene la puerta de entrada donde se detallan las medidas A, B, C y D de la figura 29, que debe de tener por cada jaula. El Anexo A muestra la puerta de entrada, realizada para cada jaula desde el plano 18 hasta el plano 21.



**Figura 30-3.** Puerta de salida. Anexo A Plano 22 a Plano 25  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Tabla 15-3. Dimensiones puerta de salida**

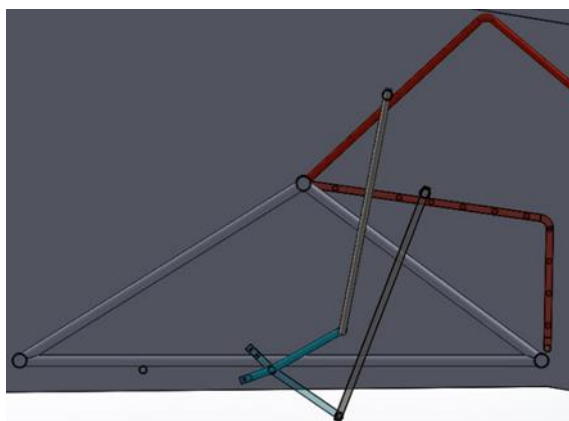
PIEZA : PUERTA DE SALIDA				
JAULA	MEDIDA			
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
1	920	362	1272	570
2	925	360	1275	566
3	765	360	1120	430
4	90	365	1253	575

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La tabla 15 muestra las medidas particulares que tiene la puerta de entrada donde se detallan las medidas A, B, C y D de la figura 30, que debe de tener por cada jaula. El Anexo A muestra la puerta de salida, realizada para cada jaula desde el plano 22 hasta el plano 25.

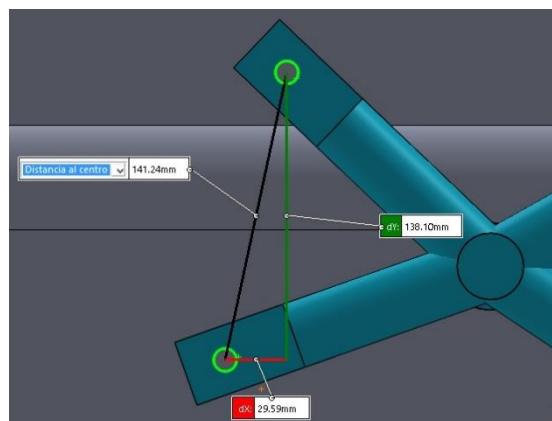
### 3.4.1. Medición del recorrido

Una vez realizado el diseño virtual de todas las piezas se encontró el recorrido necesario que debe tener el cilindro, para ello, en un archivo de ensamble de SolidWorks se colocó dos veces el conjunto de piezas del sistema de apertura como muestra la figura 31, donde el primer conjunto de piezas está en posición abierto y el segundo conjunto en posición cerrada, para obtener la distancia entre los orificios (141,24mm), que representa el recorrido lineal que realizará el extremo visible del vástago de nuestro cilindro (figura 32).



**Figura 31-3. Ensamble de dos conjuntos de piezas para el sistema de apertura**

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

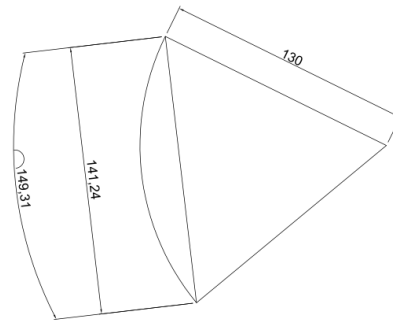


**Figura 32-3. Recorrido lineal del extremo visible del vástago**

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Sabiendo que la palanca de doble brazo tiene una distancia de 130mm entre su centro de giro y el centro del orificio donde estará anclado el extremo visible del vástago, creamos un archivo “pieza” de SolidWorks y se elige un nuevo croquis donde generamos un triángulo isósceles con esta medida (lados iguales) y el recorrido lineal encontrado anteriormente (figura 32), para ello se muestra la figura 33.





**Figura 33-3.** Representación del sistema para la apertura y cierre en posiciones abierto y cerrado, para definir la longitud de arco necesaria

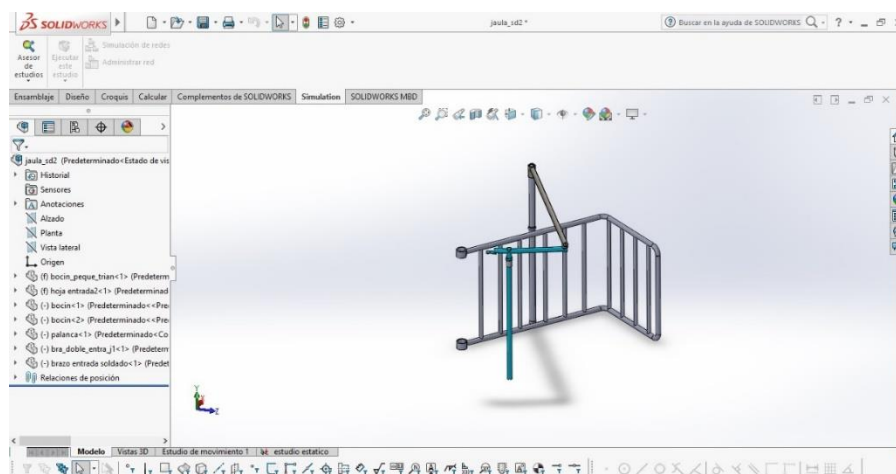
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Posterior realizamos la medición del arco por medio de la generación de una cota, que para este caso es de 149.31mm, que será la trayectoria a cubrir por el extremo visible del vástago y lograr la apertura o cierre de las puertas. Por lo que se decide seleccionar un cilindro que posea una carrera de 150mm.

### 3.4.2. Simulación de cargas

Con el fin de descartar fallos futuros en el diseño, se realiza una simulación de cargas sobre los nuevos elementos en el software SolidWorks, efectuando los siguientes pasos:

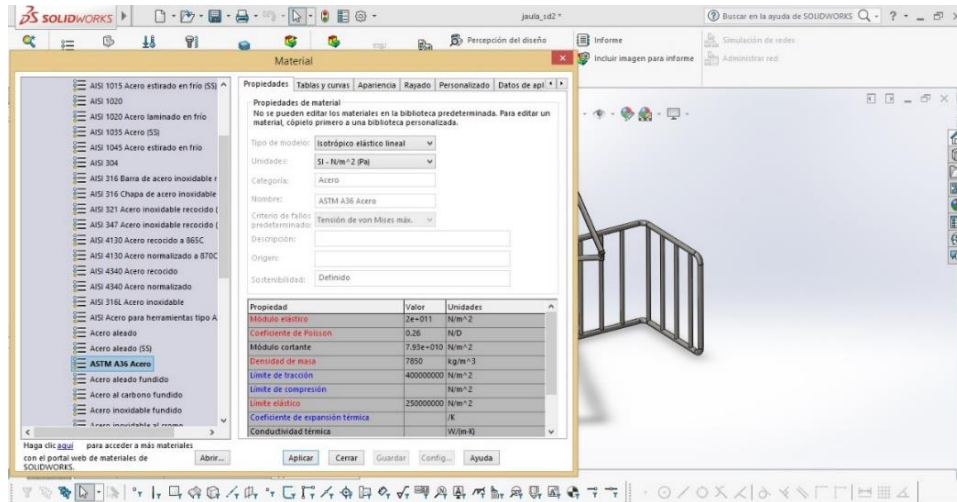
1.- Ensamble: En este paso se incorpora las piezas a ser analizadas, considerando las relaciones de posición necesarias del ensamble. Para nuestro caso se realiza el ensamble de todos los postes y tubos que ayudan al posicionamiento de las piezas, posterior se retira las piezas que no intervendrán en el análisis como se evidencia en la figura 34, de esta manera se garantiza las cotas de posición de las piezas.



**Figura 34-3.** Ensamble de las nuevas piezas a ser analizadas

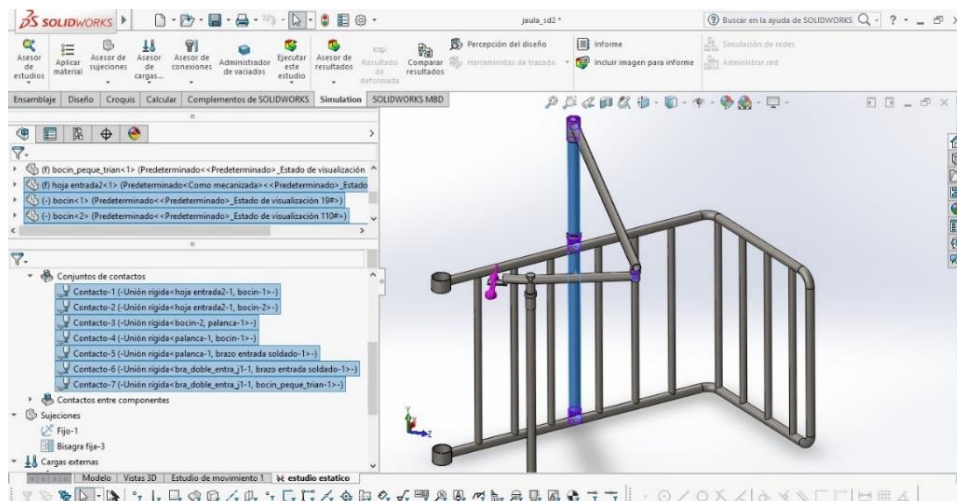
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

2.- Aplicación de material: dando clic derecho sobre el conjunto ensamble y seleccionando aplicar material, se muestra una ventana donde permite seleccionar el material en el que se fabricarán las piezas, que para el análisis será “ASTM A36 Acero”, por ser un acero estructural al carbono, utilizado en construcción de estructuras metálicas, puentes, torres de energía y torres para comunicación, ya tiene una densidad de  $7850 \text{ kg/m}^3$  y límite de fluencia mínimo de 250 MPa (36 ksi), y un límite de rotura mínimo de 410 MPa (58 ksi).



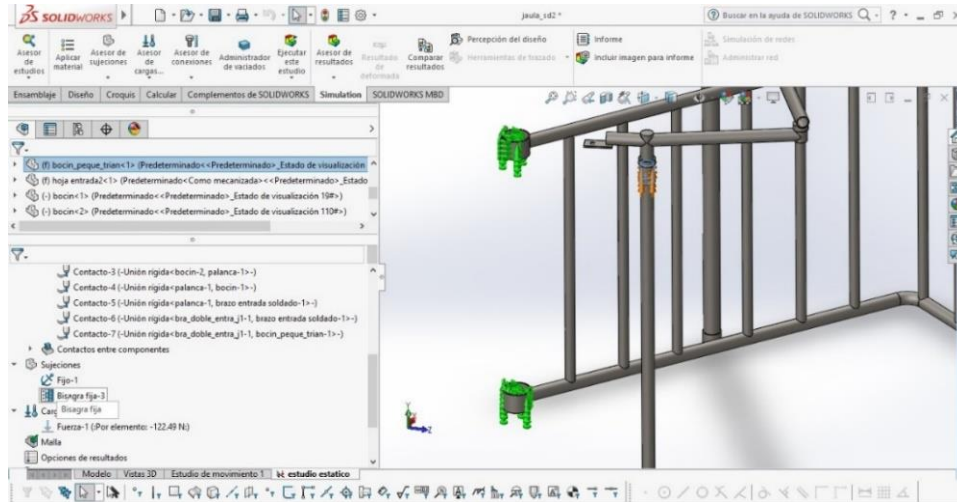
**Figura 35-3.** Aplicación del tipo de material a las piezas  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

3.- Contactos: haciendo clic derecho sobre contactos y en un nuevo contacto, se incorporan todas las uniones que existen entre las piezas, seleccionando las caras que intervienen y estableciendo que estos serán de unión rígida. Obteniendo los siguientes contactos de color morado como ilustra la figura 36.



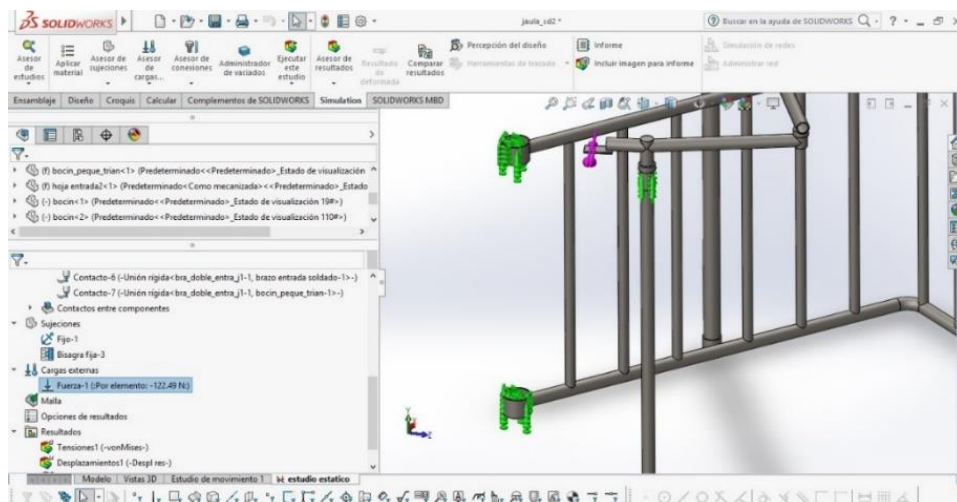
**Figura 36-3.** Contactos de unión rígida entre las piezas a analizar  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

4.- Geometría Fija: corresponde a la o las caras de las piezas que proporcionan la sujeción del sistema, para ello, se da clic derecho sobre “Sujeciones” y luego en “Geometría fija” permitiendo seleccionar las caras que se necesiten. Para el análisis que se desarrolla serán las caras internas de los bocines de la puerta. Como se evidencia en la figura 37.



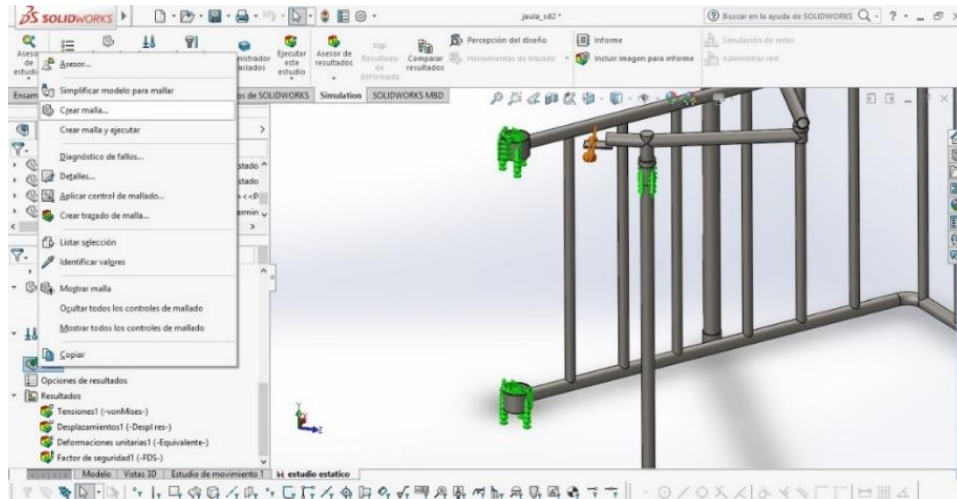
**Figura 37-3.** Definición de la geometría fija sobre las caras internas de los bocines de la puerta  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

5.- Fuerzas: en esta sección se incorporan las fuerzas externas que actúan sobre las piezas, mediante un clic derecho en “Cargas” y en “Fuerza”, permitiendo la selección de la cara donde estará la Fuerza, que para el análisis es la cara interna del orificio donde estará anclado el extremo visible del vástago, luego se define la dirección de la fuerza la cual es perpendicular al brazo y por último el módulo de la fuerza. Esta fuerza será la que nos proporcionara el cilindro por medio de su vástago.

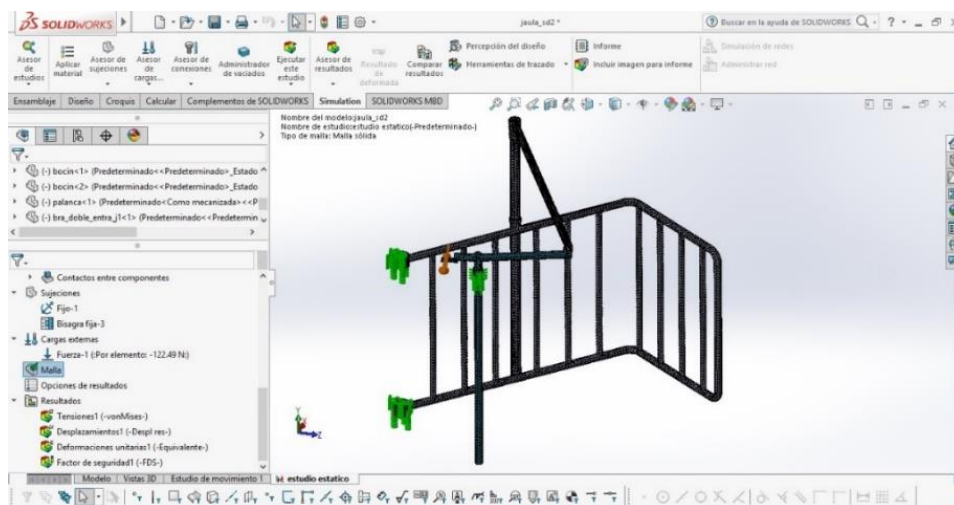


**Figura 38-3.** Incorporación de la fuerza externa que permite la apertura o cierre del sistema.  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

6.- Creación de Malla: El mallado es un paso crucial para la simulación, se lo realiza de forma automática en el software, genera una malla basándose en un tamaño de elemento global, una tolerancia y especificaciones locales de control de malla. El control de malla permite especificar diferentes tamaños de elementos de componentes, caras, aristas y vértices. Esto mediante un clic derecho en “Malla” y posterior en “Crear malla” donde permite graduar el tamaño de la malla entre grueso y fino, seleccionando fino para el análisis.

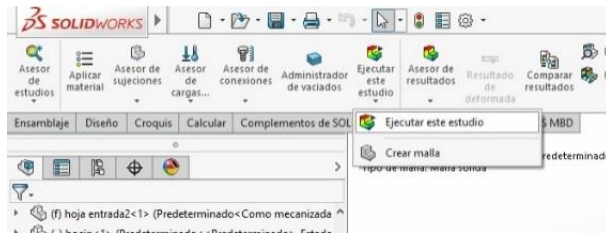


**Figura 39-3.** Creación de malla fina para estudio  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



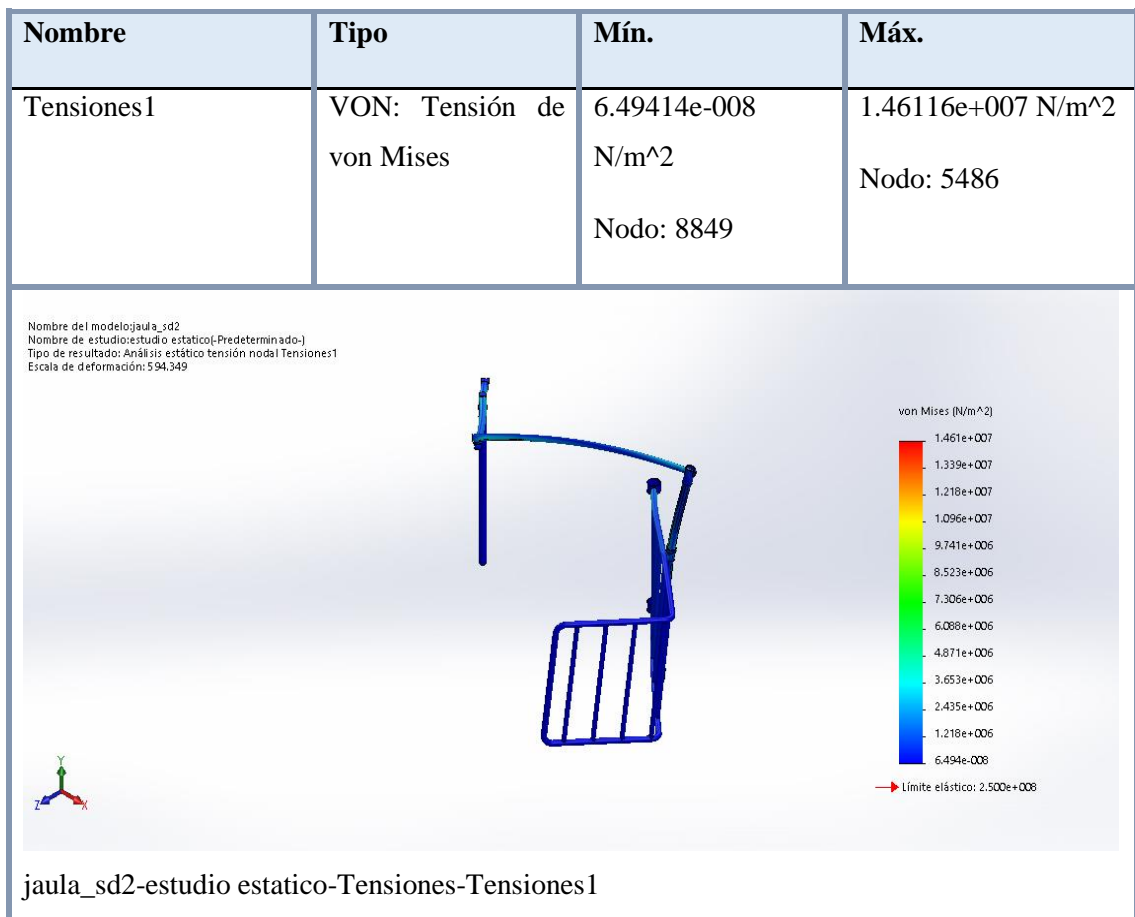
**Figura 40-3.** Resultado de la creación de malla  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

7.- Ejecución: cumplidos los requisitos en los pasos 1-6, se ejecuta el estudio mediante el botón “Ejecutar este estudio” como muestra la figura 41.



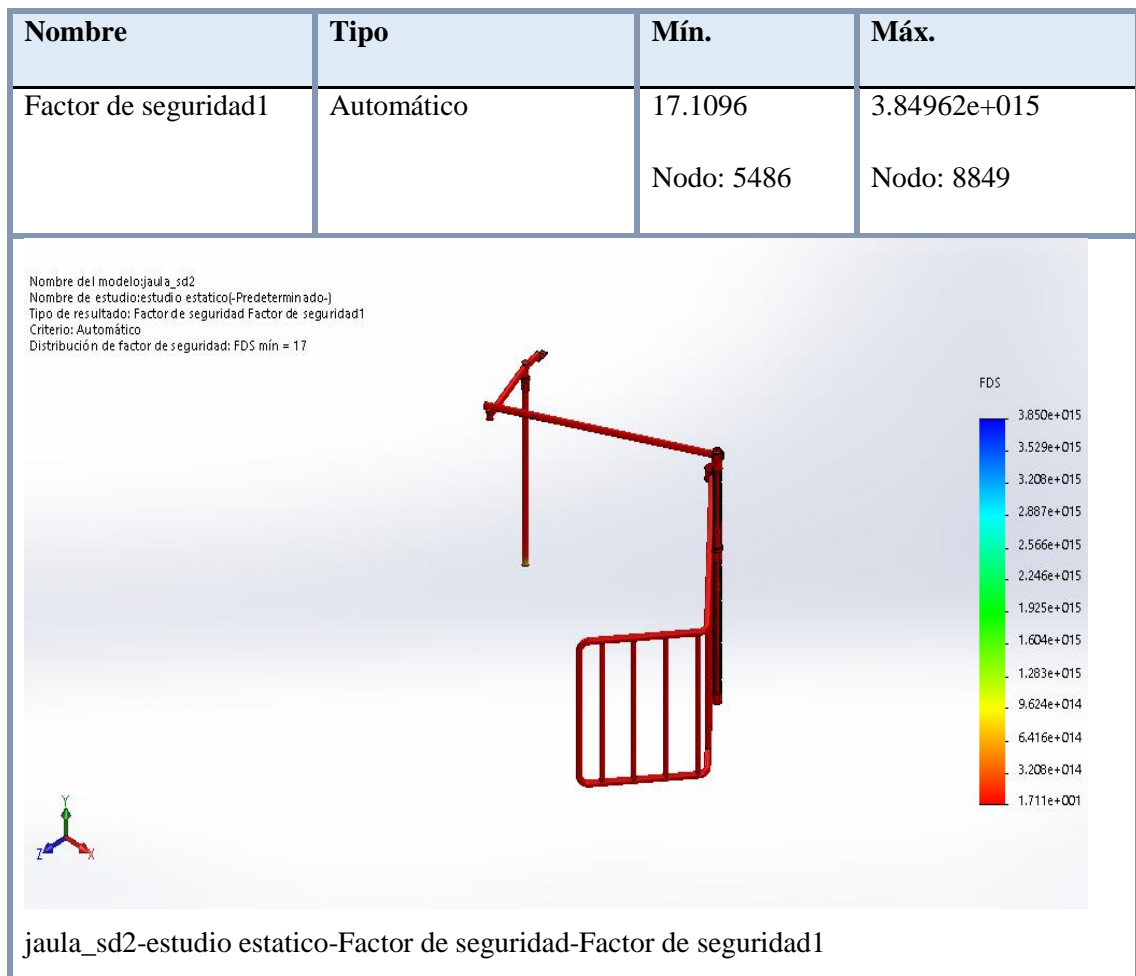
**Figura 41-3.** Proceso para ejecución del estudio estático.  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Resultados: culminado el proceso de análisis por parte del software, en la pestaña de resultados se muestra los análisis que ejecutan por default (Tensión, Desplazamiento y Deformación Unitaria), permitiendo la incorporación de nuevos análisis como el de factor de seguridad, el que lo solicitamos mediante un clic derecho en la pestaña “resultados” y en “Factor de seguridad”. Obteniendo los siguientes diagramas:



**Figura 42-3.** Resultado del análisis de tensiones sobre el conjunto de piezas  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La Figura 42 nos permite identificar las regiones de color rojo, que representan las zonas que podrían fallar, superando el límite elástico del material que se aplicó. Para el estudio desarrollado existen tonalidades celestes y verde agua, garantizando la integridad de las piezas frente a la aplicación de carga por parte del cilindro.



**Figura 43-3.** Resultado del análisis de Factor de seguridad sobre el conjunto de piezas  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Mediante la figura 43 se identifica el factor de seguridad, por medio de una gama de colores donde el rojo representa un valor mínimo (17.1096) y el color azul el valor máximo de (3.84962e+015). Sabiendo que el factor de seguridad deberá siempre ser superior a 1 para garantizar que podrá soportar la carga a la que se simula, se establece que el sistema tendrá un correcto funcionamiento frente a cargas derivadas de golpes que puedan aplicar los bovinos que por primera ocasión ocupan las jaulas de ordeño, ya que posee un factor de seguridad de 17.

Adicional, el software permite la generación de un informe donde se detalla todas las características del análisis desarrollado, como se evidencia en el anexo D.

**SISTEMA NEUMÁTICO:** debido a la necesidad de controlar tanto la apertura como el cierre de las puertas en las jaulas, se decide usar cilindros de doble efecto, los que nos ayudan a este control. Adicional se considera la carrera necesaria (150 mm), llegando a la selección del mercado un cilindro con un diámetro de émbolo de 50 mm y diámetro de vástago de 16 mm.





**Figura 44-3.** Cilindro neumático

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

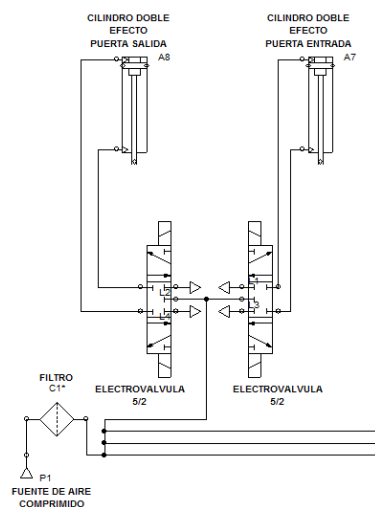
La distribución del aire comprimido se realizó de manera virtual en Automation Studio, necesitando incorporar por cada jaula un cilindro de doble efecto tanto para puerta de entrada como para la puerta de salida. Además una válvula 5/2 por cilindro. El diagrama también contará con su fuente de aire comprimido y con un filtro de aire que evitará el paso de líquidos e impurezas a los elementos neumáticos. Los cilindros serán nombrados de forma continua del A1 al A8 y se encontrarán distribuidos como la tabla 16 detalla.

**Tabla 16-3.** Distribución de cilindros por puerta en las jaulas de ordeño

DISTRIBUCIÓN DE CILINDROS		
<b>JAULA 1</b>	CILINDRO A1	PUERTA DE INGRESO
	CILINDRO A2	PUERTA DE SALIDA
<b>JAULA 2</b>	CILINDRO A3	PUERTA DE INGRESO
	CILINDRO A4	PUERTA DE SALIDA
<b>JAULA 3</b>	CILINDRO A5	PUERTA DE INGRESO
	CILINDRO A6	PUERTA DE SALIDA
<b>JAULA 4</b>	CILINDRO A7	PUERTA DE INGRESO
	CILINDRO A8	PUERTA DE SALIDA

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

A continuación, se muestra el diagrama neumático para la jaula 4 (figura 45), con tres líneas necesarias para completar el diagrama de las jaulas restantes mediante réplicas como se puede evidenciar en el anexo E.



**Figura 45-3.** Circuito neumático para la jaula de ordeño 4

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Definido el diagrama neumático, se realizó el cálculo de consumo de aire comprimido para todo el proceso de ordeño, considerando que se requiere dos cilindros por cada jaula de ordeño, dándonos un total de 8 cilindros, además que en promedio en cada jaula se ordeñan 5 vacas por jornada y para cada vaca se requiere 1 ciclo del cilindro (2 carreras).

Para ello, se determina el volumen requerido para el cilindro:

$$V = \frac{\pi}{4} * (2D^2 - d^2) * C \quad (8)$$

Siendo:

V = Volumen de aire en  $\text{cm}^3$

D = Diámetro interior del cilindro en cm

d = Diámetro del vástago en cm

C = Carrera del vástago en cm

El volumen de aire para el mismo cilindro a la presión atmosférica será:

$$V = \frac{\pi}{4} * (2D^2 - d^2) * C * p \quad (9)$$

Siendo:

p = Presión de trabajo del cilindro en bar

Obteniendo:

$$V = \frac{\pi}{4} * (2 * 5^2 - 1,6^2) * 15 * 4,5 \text{ bar}$$

$$V = 2515,002 \text{ cm}^3 = 2,515 \text{ litros}$$

Para determinar el caudal necesario nos basamos de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\pi * C * p * n}{4000} * (2D^2 - d^2) \quad (10)$$

Siendo:

Q = Caudal en l/min a la presión atmosférica

n = número de ciclos/minuto

Considerando que para todo el proceso de ordeño se requieren un promedio de 40 ciclos y un tiempo promedio de 105 min.

$$Q = \frac{\pi * 15 * 4,5 * 0,3809}{4000} * (2 * 5^2 - 1,6^2)$$



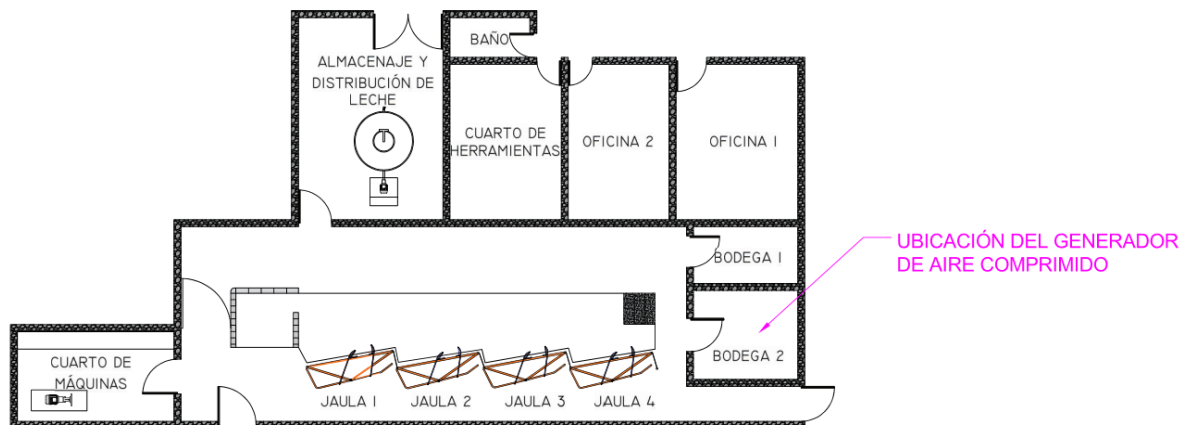
$$Q = 0,958 \frac{\text{litros}}{\text{min}}$$

Para determinar la capacidad del compresor consideramos el caudal de operación y su tiempo promedio de operación, obteniendo:

$$\text{Capacidad de compresor} = 0,958 \frac{\text{litros}}{\text{min}} * 105 \text{ min}$$

$$\text{Capacidad de compresor} = 100,6 \text{ litros}$$

Por lo que se requiere de un compresor con una capacidad de 100 litros, que tras una consulta de disponibilidad al Ing. Santos encargado de la Estación de ordeño será instalado en la BODEGA 2 (Figura 46) la que se encuentra vacía y disponible para su uso.



**Figura 46-3. Ubicación del compresor**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 47-3. Compresor instalado**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**SISTEMA ELÉCTRICO:** Para el control de los cilindros de doble efecto, se ocuparon electroválvulas biestables 5/2 con pilotaje electromagnético a 110 V por medio de solenoides controladas con una caja de pulsadores para cada jaula de ordeño, esto debido a que el tiempo de extracción de la leche varía entre bovinos, por lo que el operario deberá suministrar la información de finalización de ordeño y requerimiento de un nuevo bovino.

Las electroválvulas 5/2 requiere de dos solenoides para provocar el cambio de estado en su interior, por lo que se requerirán de 16 solenoides, nombradas progresivamente desde SOLE1 hasta SOLE16 y distribuidas por cilindro, por puerta y por jaula como muestra la tabla 17:

**Tabla 17-3.** Distribución de solenoides para el control de los cilindros en las puertas de las jaulas de ordeño

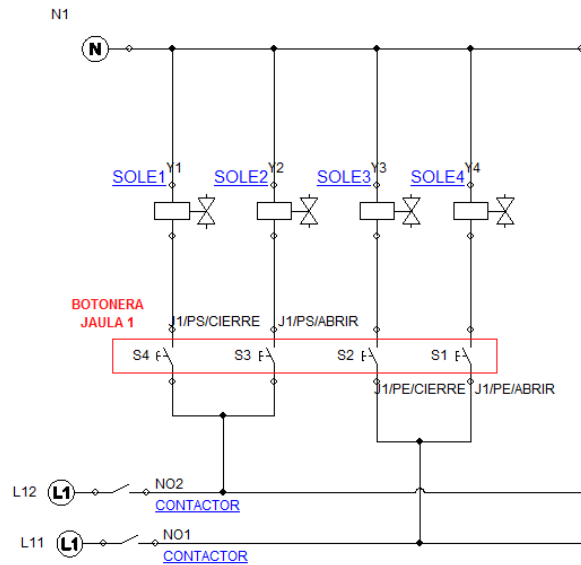
<b>DISTRIBUCIÓN DE SOLENOIDES</b>			
<b>JAULA 1</b>	CILINDRO PUERTA DE INGRESO	SOLE1	APERTURA
		SOLE2	CIERRE
	CILINDRO PUERTA DE SALIDA	SOLE3	APERTURA
		SOLE4	CIERRE
<b>JAULA 2</b>	CILINDRO PUERTA DE INGRESO	SOLE5	APERTURA
		SOLE6	CIERRE
	CILINDRO PUERTA DE SALIDA	SOLE7	APERTURA
		SOLE8	CIERRE
<b>JAULA 3</b>	CILINDRO PUERTA DE INGRESO	SOLE9	APERTURA
		SOLE10	CIERRE
	CILINDRO PUERTA DE SALIDA	SOLE11	APERTURA
		SOLE12	CIERRE
<b>JAULA 4</b>	CILINDRO PUERTA DE INGRESO	SOLE13	APERTURA
		SOLE14	CIERRE
	CILINDRO PUERTA DE SALIDA	SOLE15	APERTURA
		SOLE16	CIERRE

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Gracias a la disponibilidad con que cuenta la estación de ordeño, el circuito eléctrico contará con dos líneas de 110V (L1 y L2), las que suministran energía a 4 solenoides cada una, sumando a L1 el indicador led (LUZ); Además, cada solenoide contará con un pulsador NA.

En la figura 48 se muestra el diagrama eléctrico necesario para el control de avance y retorno de los dos cilindros para la jaula 1, ilustrando las solenoides SOLE1 para la apertura con la SOLE2 para el cierre de la puerta de entrada, mientras que en la puerta de salida SOLE3 controla la apertura y SOLE4 el cierre. Las líneas de 110V (L1 y L2) estarán los contactos abiertos NO1 y NO2, los que realizarán la interrupción para la energización o des energización del circuito.

Para lo que se realizó una simulación virtual del circuito:



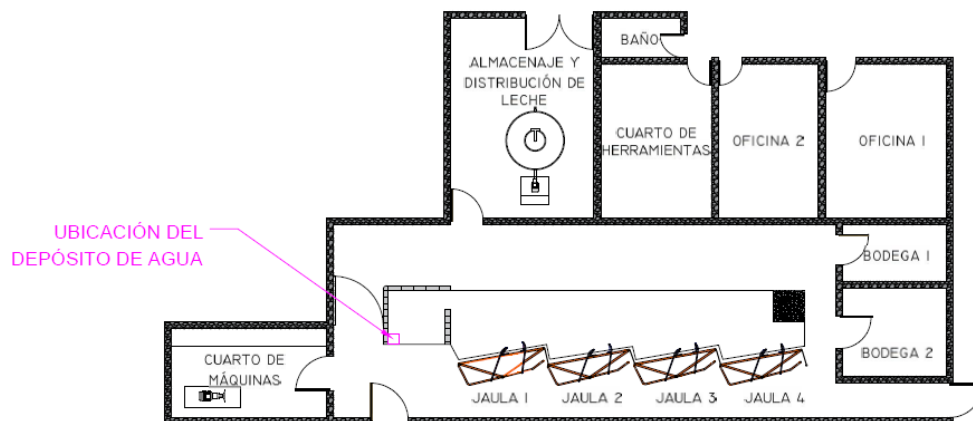
**Figura 48-3. Circuito eléctrico**

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

El circuito eléctrico es completado por la reproducción del diagrama de la figura 48, para las tres jaulas restantes. Como se puede evidenciar en el anexo F.

### 3.5. Diseño del equipo para el sistema de aspersión

Basados en el diagrama de planta y considerando la cercanía a una toma de agua se identificó el lugar idóneo donde colocar el depósito de agua. Esto se evidencia en la figura 49 y de una mejor manera en el anexo A plano N° 26.



**Figura 49-3. Ubicación depósito de agua. Anexo A Plano 26**

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**SISTEMA MECÁNICO:** Esta ubicación facilita el mantenimiento del depósito por parte del operador y debido a que se encuentra elevada del suelo aporta al uso de bombas con menor altura.

De manera virtual sobre el diagrama de planta se realizó el sistema de cañerías que trasladará el agua a cada una de las jaulas identificando el recorrido que se necesita por cada jaula.

Para la selección de la bomba se consideró la distancia existente entre el nivel del depósito y el nivel donde se instalará el micro aspersor (20mm),

Adicional se realizó el cálculo del porcentaje de agua que se añade al alimento, ayudados del técnico Pedro Castillo, quien realizó la preparación de una porción de alimento (3500gr) para su posterior pesaje. Obtenidas las mediciones en seco y pos preparado, realizamos los cálculos:



**Figura 50-3.** Peso de alimento en seco y humedecido  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Peso en seco: 3500gr (Figura 50 izquierda)

Peso pos preparado medición 1: 2385 gr (Figura 50 centro)

Peso pos preparado medición 2: 2363 gr (Figura 50 derecha)

Peso pos preparado total: 4748 gr

$$\% \text{ Agua incorporada} = \frac{\text{Peso Pos Preparado} - \text{Peso e Seco}}{\text{Peso e Seco}} * 100$$

$$\% \text{ Agua incorporada} = \frac{4748 - 3500}{3500} * 100$$

$$\% \text{ Agua incorporada} = 35,66 \%$$

Este valor indica que por cada 100gr de alimento se necesita incorporar 35,66 gr de agua.

Con ello para garantizar la cantidad de agua requerida se realizó una prueba de forma práctica simulando el recorrido que realizará el agua por los conductos, utilizando dos tipos de bombas sumergibles y evaluando la cantidad de agua trasladada en 5, 10 y 15 segundos. Esto se puede evidenciar en la tabla 18 y tabla 19 en la que también se analiza con respecto a diferentes distancias.

**Tabla 18-3.** Cuadro del desempeño de bomba sumergible de 0,8metros de altura, para el traslado de agua a distintas longitudes, mostrado la incapacidad de trasladar a distancias superiores a 6metros.

PRUEBA	DISTANCIA: 3M			DISTANCIA: 6M			DISTANCIA: 12M		
	PESO DE AGUA (gr)	TIEMPO (s)	gr/s	PESO DE AGUA (gr)	TIEMPO (s)	gr/s	PESO DE AGUA (gr)	TIEMPO (s)	gr/s
1	247,32	5,00	49,46	338,80	10,00	33,88	0,00	15,00	0,00
2	250,99	5,00	50,20	343,82	10,00	34,38	0,00	15,00	0,00
3	244,05	5,00	48,81	334,31	10,00	33,43	0,00	15,00	0,00

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

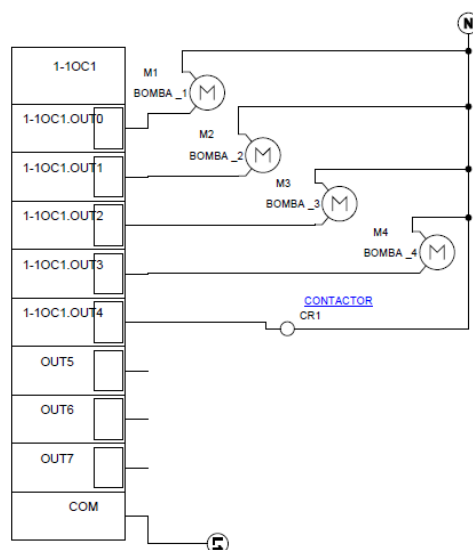
**Tabla 19-3.** Cuadro del desempeño de bomba sumergible de 2metros de altura, para el traslado de agua a distintas longitudes

PRUEBA	DISTANCIA: 3M			DISTANCIA: 6M			DISTANCIA: 12M		
	PESO DE AGUA (gr)	TIEMPO (s)	gr/s	PESO DE AGUA (gr)	TIEMPO (s)	gr/s	PESO DE AGUA (gr)	TIEMPO (s)	gr/s
1	527,02	5,00	105,40	752,88	10,00	75,29	941,10	15,00	62,74
2	534,83	5,00	106,97	764,04	10,00	76,40	955,05	15,00	63,67
3	520,04	5,00	104,01	742,92	10,00	74,29	928,65	15,00	61,91

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Debido a la respuesta con que cuenta la bomba de 2m en la tabla 19, para el traslado de agua en el recorrido más largo, se decide seleccionar esta para el sistema de aspersión.

**SISTEMA ELÉCTRICO:** Las bombas serán accionadas de manera independiente por cada jaula y se lo realiza desde el controlador lógico por lo que obtenemos el siguiente circuito:

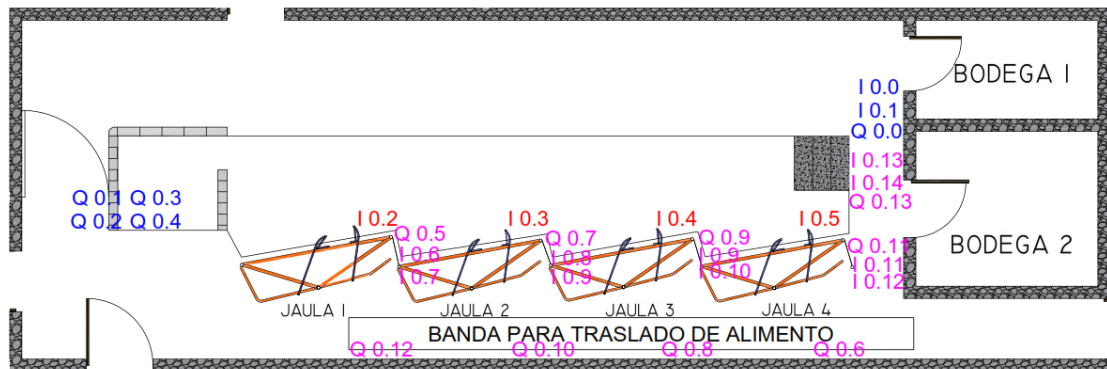


**Figura 51-3.** Conexiones necesarias para el funcionamiento de las bombas

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

### 3.6. Selección de PLC

Considerando que el proyecto funcionará conjuntamente con el proyecto “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRANSPORTE Y DOSIFICACIÓN DE ALIMENTO, MEDIANTE PLC S7 1200 PARA EL GANADO BOVINO EN LAS JAULAS DE ORDEÑO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI”, se identifica la cantidad de entradas y salidas necesarias mediante un diagrama, como muestra las figura 52.



**Figura 52-3.** Diagrama de entradas y salidas

Fuente: Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

En el esquema se representan las entradas y salidas para el control de las puertas y la aspersión de agua en color azul, detallándose a continuación:

**Tabla 20-3.** Entradas y salidas para el control de la apertura y cierre de puertas y aspersión de agua

VARIABLES DEL PROYECTO:			
ENTRADA	DETALLE	SALIDA	DETALLE
I0.0	PULSADOR NA: INICIO DE ORDEÑO	Q0,0	CONTACTOR: CONTROL INDICADOR LED Y COMPRESOR
I0.1	PULSADOR NC: FIN DE ORDEÑO	Q0,1	BOMBA SUMERGIBLE PARA JAULA 1
		Q0,2	BOMBA SUMERGIBLE PARA JAULA 2
		Q0,3	BOMBA SUMERGIBLE PARA JAULA 3
		Q0,4	BOMBA SUMERGIBLE PARA JAULA 4

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Las entradas y salidas de color violeta son las requeridas por proyecto que funcionara a la par del presente.

**Tabla 21-3.** Entradas y salidas para la dosificación del alimento

<b>VARIABLES DEL PROYECTO :</b>			
<b>ENTRADA</b>	<b>DETALLE</b>	<b>SALIDA</b>	<b>DETALLE</b>
I0.6	SENSOR DE PRESENCIA: NIVEL INFERIOR TOLVA JAULA 1	Q0,5	SOLENOIDE: CONTROL CILINDRO INFERIOR JAULA1
I0.7	SENSOR DE PRESENCIA: NIVEL SUPERIOR TOLVA JAULA 1	Q0,6	SOLENOIDE: CONTROL CILINDRO SUPERIOR JAULA1
I0.8	SENSOR DE PRESENCIA: NIVEL INFERIOR TOLVA JAULA 2	Q0,7	SOLENOIDE: CONTROL CILINDRO INFERIOR JAULA2
I0.9	SENSOR DE PRESENCIA: NIVEL SUPERIOR TOLVA JAULA 2	Q0,8	SOLENOIDE: CONTROL CILINDRO SUPERIOR JAULA2
I0.10	SENSOR DE PRESENCIA: NIVEL INFERIOR TOLVA JAULA 3	Q0,9	SOLENOIDE: CONTROL CILINDRO INFERIOR JAULA3
I0.11	SENSOR DE PRESENCIA: NIVEL SUPERIOR TOLVA JAULA 3	Q0,10	SOLENOIDE: CONTROL CILINDRO SUPERIOR JAULA3
I0.12	SENSOR DE PRESENCIA: NIVEL INFERIOR TOLVA JAULA 4	Q0,11	SOLENOIDE: CONTROL CILINDRO INFERIOR JAULA4
I0.13	SENSOR DE PRESENCIA: NIVEL SUPERIOR TOLVA JAULA 4	Q0,12	SOLENOIDE: CONTROL CILINDRO SUPERIOR JAULA4
I0.14	PULSADOR NA: INICIO DE ORDEÑO	Q0,13	CONTACTOR: CONTROL MOTOR DE BANDA
I0.15	PULSADOR NC: FIN DE ORDEÑO		

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Mientras que las entradas o salidas de color rojo son comunes para el funcionamiento de los dos proyectos, detalladas en la siguiente tabla:



**Tabla 22-3.** Entradas y salidas comunes

<b>VARIABLES COMUNES</b>			
<b>ENTRADA</b>	<b>DETALLE</b>	<b>SALIDA</b>	<b>DETALLE</b>
I0.2	PULSADOR NA: SOLICITUD ALIMENTO Y AGUA DE JAULA 1		
I0.3	PULSADOR NA: SOLICITUD ALIMENTO Y AGUA DE JAULA 2		
I0.4	PULSADOR NA: SOLICITUD ALIMENTO Y AGUA DE JAULA 3		
I0.5	PULSADOR NA: SOLICITUD ALIMENTO Y AGUA DE JAULA 4		

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Culminada la elaboración y análisis del diagrama de entradas y salidas se llega a tener una necesidad de 16 entradas y 15 salidas, para controlar el sistema de apertura y cierre de puertas, aspersión de agua y dosificación del alimento.

Mediante un análisis de la gama de PLC que ofrece el mercado nacional, destacan el SIEMENS/SIMATIC S7-1200/ CPU 1214 con módulo de Expansión de entradas y salidas 8I/8O, y el DELTA DVP32ES2 (16DI/16DO), a los que se analiza mediante una tabla de ponderación, (tabla 23) tomando en cuenta la cantidad de entradas y salidas, necesidad de módulos de expansión, tipo de memoria, software de programación y costo.

**Tabla 23-3.** Tabla de ponderación de PLC

<b>FACTOR RELEVANTE</b>	<b>PESO ASIGNADO</b>	<b>SIEMENS/SIMATIC S7-1200/ CPU 1214 con módulo de Expansión</b>		<b>DELTA DVP32ES2 (16DI/16DO)</b>	
		<b>Calificación (0-5)</b>	<b>Calificación Ponderada</b>	<b>Calificación (0-5)</b>	<b>Calificación Ponderada</b>
Número de Entradas	0,25	4	1	5	1,25
Número de Salidas	0,25	3	0,75	5	1,25
Necesidad de módulos de expansión	0,20	0	0	5	1
Costo de Adquisición	0,20	2	0,4	3	0,6
Tipo de memoria	0,05	4	0,2	3	0,15
Software de programación	0,05	5	0,25	3	0,15
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>2,6</b>		<b>4,4</b>

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



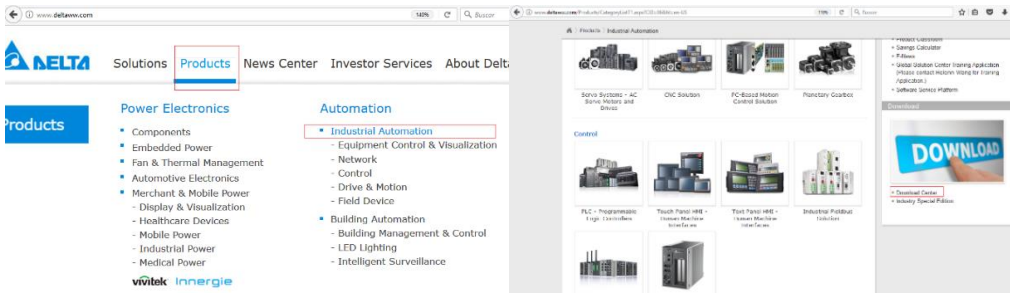
Los pesos para cada ítem considerado se establecen en función a la importancia que este presenta frente a la selección del mejor, tomando en cuenta que la suma de los pesos será igual a 1.

Tomando en cuenta que en la tabla ponderada el modo de calificación para la “Necesidad de módulo de expansión” es la de otorgar cero para quien si necesita y cinco para quien no ya que el uso de un módulo de expansión está ligado a mayor trabajo e inversión. Mientras que para el ítem de “Costo de Adquisición” está representado con el menor valor (cero) para quien proporcione el costo más alto y el máximo valor (cinco) para quien presente el menor costo de adquisición.

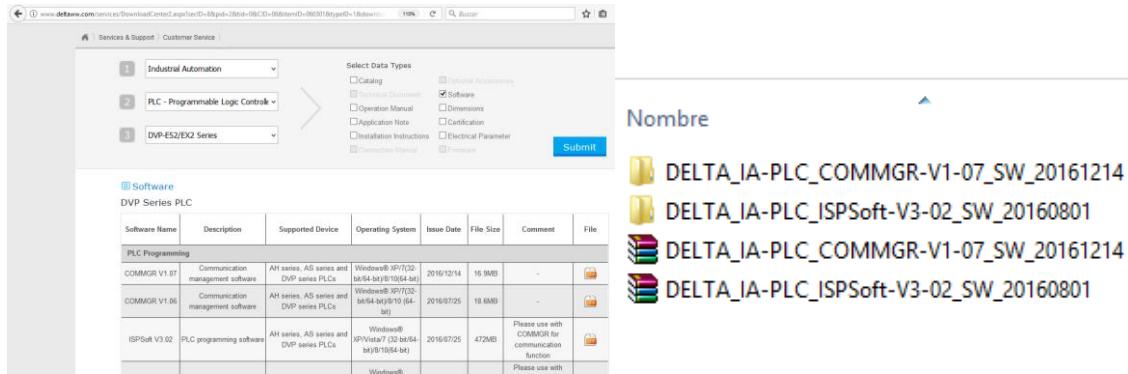
De la tabla ponderada (tabla 22), se decide ocupar el equipo DELTA DVP32ES2 (16DI/16DO) quien obtuvo una calificación de 4.4, el cual cuenta con 16 entradas y 16 salidas cubriendo así las necesidades de los dos proyectos y evitando el uso de equipo con menor cantidad de entradas y salidas apoyados con módulos de expansión, ahorrando costo y espacio, frente al PLC SIEMENS/SIMATIC S7-1200/ CPU 1214 que obtuvo una calificación inferior de 2.6.

### 3.6.1. Programación del PLC Delta DVP32ES2 16DI/16DO

Para establecer la comunicación con el PLC DELTA DVP32ES2 16DI/16DO desde el ordenador, se descargaron de forma gratuita los programas necesarios que establece el proveedor DELTA, desde su página web: <http://www.deltaww.com> en la sección Productos/Automatización Industrial/Download Center, como nos muestra las figuras (53 y 54) y se especifica el modelo de PLC que usaremos.

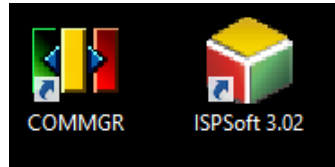


**Figura 53-3.** Página de Delta para descargar software  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 54-3.** Descarga de instaladores de ISPSOFT y COMMGR  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

El archivo DELTA\_IA-PLC\_COMMGR-V1-07\_SW\_20161214 contiene los instaladores del programa COMMGR que permite la comunicación con el PLC DELTA DVP32ES2 16DI/16DO. Mientras que el archivo DELTA\_IA-PLC\_ISPSOFT-V3-02\_SW\_20160801 contiene los instaladores del programa ISPSoft, que proporciona la interfaz para el desarrollo de la programación y transferencia de datos entre el PLC y el usuario. Posterior a la descarga se descomprime e instalan estos programas.



**Figura 55-3.** Programas instalados para la comunicación e interfaz con el PLC  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Debido a que el cable que ofrece el Proveedor DELTA 1 para realizar la comunicación, cuenta en uno de sus extremos con un puerto VGA de 9 pines (figura 56), se adquirió el cable 2 (figura 57) con su instalador del controlador, para tener un puerto USB 2.5 compatible con el ordenador. Procediendo a su instalación y configuración de la siguiente manera:



**Figura 56-3.** Cable VGA de 9 pines, proveído por Delta para realizar la comunicación entre el PLC y el ordenador.  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



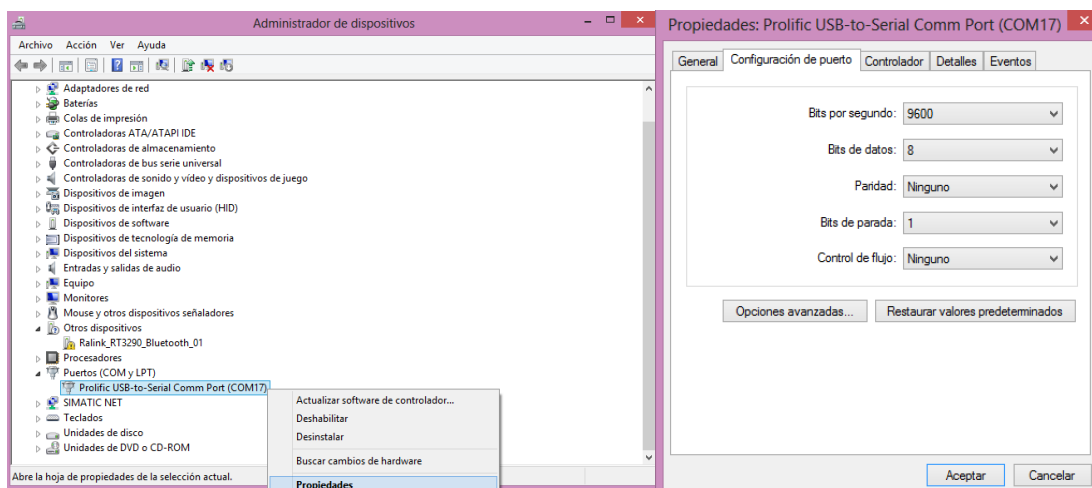
**Figura 57-3.** Cable adquirido para obtener una entrada de puerto USB y lograr facilidades en la comunicación.  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura58-3.** Combinación de los cables necesarios para obtener extremos USB y 9pines

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Instalado el controlador se conecta el cable 2, que se muestra en la figura 57, para que el ordenador pueda reconocerlo y por medio del administrador de dispositivos en Puertos (COM y LPT) identificamos el número del puerto y realizamos la siguiente configuración:



**Figura 59-3.** Identificación del número del puerto (Com17) y configuración del puerto para la comunicación

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Instalado y configurado los programas, se conectan los cables al PLC previamente energizado (110V) y al ordenador, el que ejecuta de forma automática el programa COMMGR donde crearemos la ruta de comunicación de la siguiente manera:

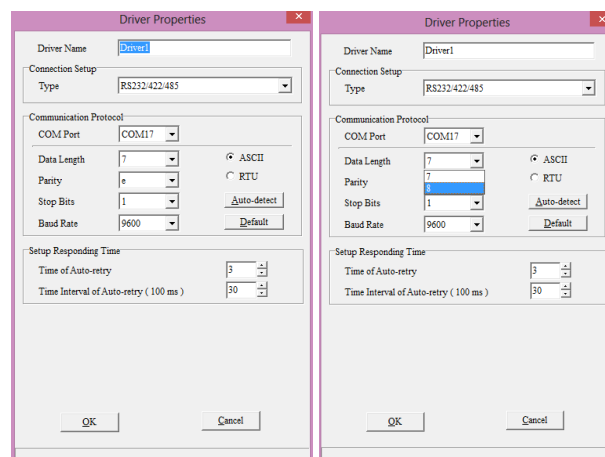
Se crea la nueva ruta por medio de botón “Add”, desplegándose una ventada para la configuración de la ruta, figura 60, donde principalmente se toma en cuenta los siguientes datos:

Driver Name: El nombre de la ruta.

Type: Seleccionar RS232/422/485 en caso de no haberse seleccionado automáticamente.

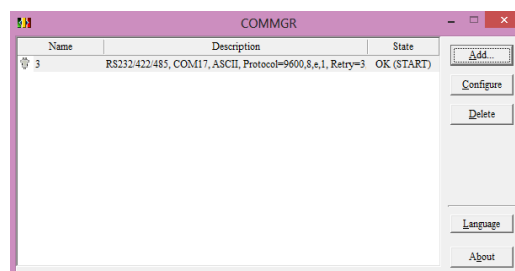
COM Port: Número del puerto identificado en el administrador de dispositivos. (Ver figura 59).

Data Length deberá estar 8 como se configuró en el administrador de dispositivos (Ver figura 59).



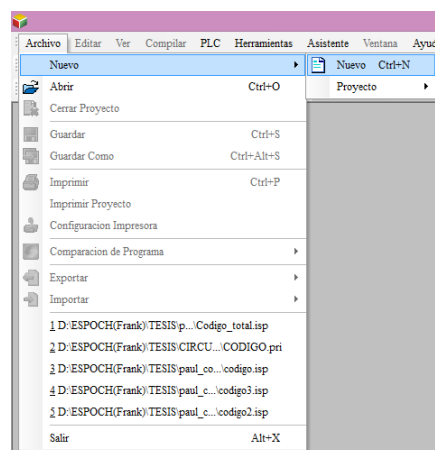
**Figura 60-3.** Configuración de la ruta de comunicación en COMMGR.  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Aceptamos la configuración por medio del botón OK y esperamos a que se ejecute y ponga en marcha la ruta, identificando esto en la columna “State” que debe indicar “OK (STAR)”. (Ver figura 61)



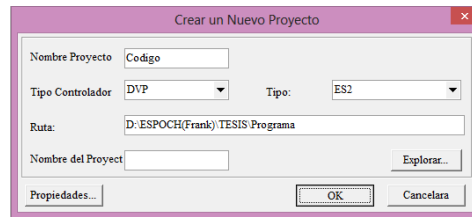
**Figura 61-3.** Comunicación exitosa  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Con la ruta en funcionamiento, se ejecuta el software ISPSOft para crear el programa diseñado en Automation Studio, considerando las características de programación del ISPSOft, para ello se procede a crear un nuevo proyecto como se indica en la figura 62.



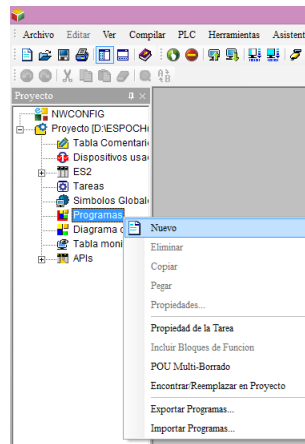
**Figura 62-3.** Crear nuevo proyecto en el software de programación ISPSOft  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Se despliega una ventana donde se proporciona el nombre del proyecto a crearse, el tipo de controlador a usarse que para el proyecto es PLC DELTA DVP32ES2 16DI/16DO (Tipo de controlador: DVP; Tipo: ES2) y la dirección donde se guardara el nuevo proyecto.



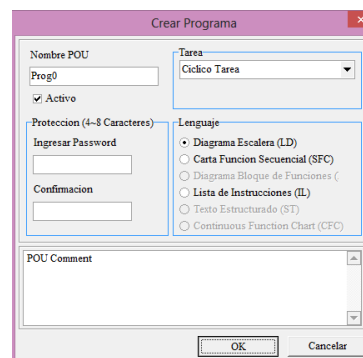
**Figura 63-3.** Datos generales del nuevo proyecto en ISPSoft  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Aceptamos mediante el botón OK, mostrándose un cuadro de exploración en la parte izquierda de software, donde creamos un nuevo programa para el proyecto como se muestra en la figura 64.



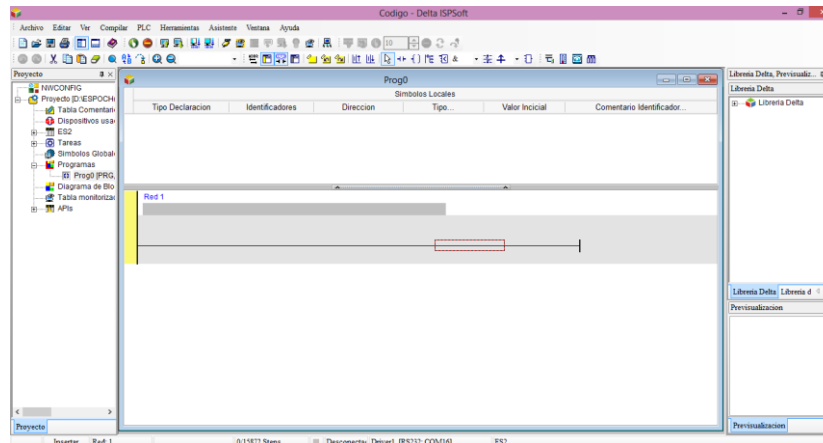
**Figura 64-3.** Creación del programa  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Abriéndose una ventana donde se ingresa el nombre del programa el tipo de tarea que realizará el programa, que para nuestro proyecto será “Cíclico Tarea”; y el lenguaje de programación será en un diagrama de escalera por lo que seleccionaremos en la pestaña “Diagrama de Escalera (LD)”. El software también permite la creación de una clave para protección, que en nuestro caso no la usaremos para garantizar la incorporación de futuras funciones al programa



**Figura 65-3.** Configuración del programa para el proyecto.  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Por medio del botón OK, culminamos la configuración del programa y se muestra la interfaz para empezar la programación.



**Figura 66-3. Interfaz del Software de programación**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Una vez creado y configurado el archivo para el programa se analiza el sistema de apertura y cierre de las puertas, para determinar las consideraciones necesarias de funcionamiento; llegando al siguiente listado:

- El conjunto de botoneras que controla la apertura y cierre de cada puerta de las jaulas sólo se activará durante el desarrollo del ordeño, mediante un botón NA colocado en nuestro tablero de control.
- La desactivación del conjunto de botoneras se realizará mediante un botón NC en el tablero de control, para evitar accionamientos no deseados en posteriores actividades (limpieza post ordeño).
- Cada puerta sea de entrada o salida tendrá su funcionamiento independiente por medio de la botonera, esto se garantizará mediante la interacción con el vaquero.
- El compresor que abastece al sistema neumático deberá funcionar únicamente durante el desarrollo del ordeño.

Para el suministro de agua que requiere el alimento, se toma como referencia la cantidad de 2000 gramos de balanceado que suministrará el nuevo sistema que desarrolla la tesis: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRANSPORTE Y DOSIFICACIÓN DE ALIMENTO, MEDIANTE PLC S7 1200 PARA EL GANADO BOVINO EN LAS JAULAS DE ORDEÑO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI”, por lo que se toma en cuenta los siguientes aspectos:

- Las bombas sumergibles se activarán y desactivarán paralelamente al conjunto de botoneras.

- La solicitud de alimento la realizará el vaquero mediante un botón independiente por cada jaula.
- Cada jaula deberá tener una bomba sumergible independiente para el suministro.
- Cada bomba deberá tener su propio tiempo de funcionamiento debido a la distancia de la cañería.

Debido a que las cajas de botoneras, el compresor y las bombas sumergibles deben funcionar únicamente cuando inicia el ordeño se decide ocupar un contactor para realizar esta acción, a su vez éste estará con un indicador luminoso para mostrar que se encuentra activo todo el sistema.

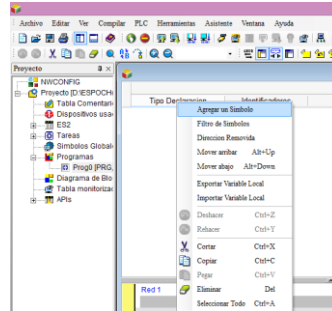
Considerando las directrices ya mencionadas se elabora el cuadro de variables, tabla 24, para el control del proceso, estableciendo el número de entradas y salidas requeridas.

**Tabla 24-3. Descripción de variables**

<b>CUADRO DE VARIABLES</b>			
<b>IDENTIFICADOR</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENTRADA/SALIDA</b>
TEMPOR1	T0	Tiempo de funcionamiento de la bomba sumergible para la jaula 1	
TEMPOR2	T1	Tiempo de funcionamiento de la bomba sumergible para la jaula 2	
TEMPOR3	T2	Tiempo de funcionamiento de la bomba sumergible para la jaula 3	
TEMPOR4	T4	Tiempo de funcionamiento de la bomba sumergible para la jaula 4	
BOMBA1	Y0	Control de encendido/apagado bomba sumergible para la jaula 1	SALIDA
BOMBA2	Y1	Control de encendido/apagado bomba sumergible para la jaula 2	SALIDA
BOMBA3	Y2	Control de encendido/apagado bomba sumergible para la jaula 3	SALIDA
BOMBA4	Y3	Control de encendido/apagado bomba sumergible para la jaula 4	SALIDA
SEÑAL1	X0	Señal de la solicitud de alimento de la jaula 1	ENTRADA
SEÑAL2	X1	Señal de la solicitud de alimento de la jaula 2	ENTRADA
SEÑAL3	X2	Señal de la solicitud de alimento de la jaula 3	ENTRADA
SEÑAL4	X3	Señal de la solicitud de alimento de la jaula 4	ENTRADA
ENCENDIDO	Y4	Control de encendido/apagado de todo el sistema mediante contactor	SALIDA
STAR	X4	Señal de inicio de todo el sistema	ENTRADA
OFF	X5	Señal de finalización de todo el sistema	ENTRADA

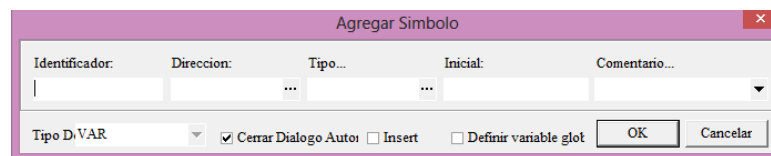
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Se empieza el trabajo en ISPSotf con la incorporación de las variables que se utilizarán en todo el programa conocidas como símbolos locales por el software, para ello, agregamos una nueva variable haciendo clic derecho sobre la columna “Tipo Declaración” y posterior clic en “Agregar un Símbolo”, como se muestra en la figura 67.



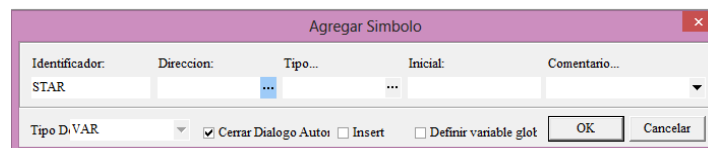
**Figura 67-3.** Orden de creación de un nuevo símbolo  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Dada la orden de creación de variable, se muestra una ventana donde podemos ingresar el nombre de símbolo, que en nuestro programa serán las entradas, salidas y temporizadores.

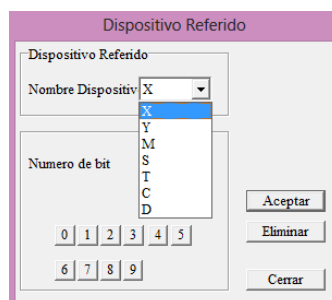


**Figura 68-3.** Ventana para el ingreso de las variables que intervendrán en el programa.  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

También se debe ingresar la dirección de la variable por medio del botón “...”, el que extiende un cuadro donde podemos elegir el nombre del dispositivo, que corresponde al tipo de variable, siendo X para las entradas, Y para las salidas y T para los temporizadores. Además se ingresa el número de bit que es la codificación ordenada que se asigna a cada entrada, salida o temporizados.



**Figura 69-3.** Botón para ingreso de dirección de símbolo  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 70-3.** Selección del tipo de variable (Nombre Dispositivo)  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 71-3.** Ingreso del número de bit correspondiente al nuevo símbolo  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.




Ingresada la dirección de la nueva variable se acepta y el software automáticamente llena los campos Tipo e Inicial, como nos muestra la figura 72.

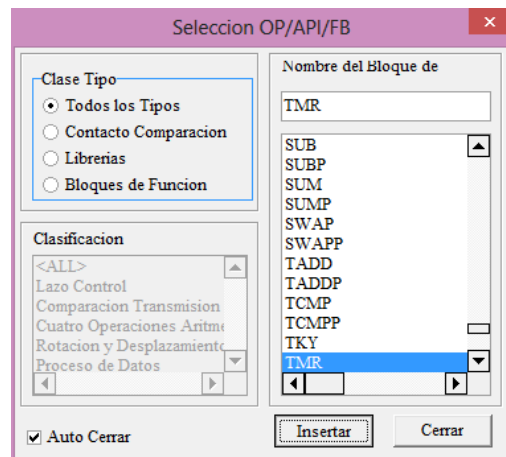
**Figura 72-3.** Ingreso de símbolos  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

De esta manera se procede al ingreso de cada una de los símbolos que ocuparemos para el programa obteniendo la siguiente tabla:

Símbolos Locales					
Tipo Declaracion	Identificadores	Direccion	Tipo...	Valor Inicial	Comentario Identificador...
VAR	TEMPOR1	T0	TIMER	N/A	
VAR	TEMPOR2	T1	TIMER	N/A	
VAR	TEMPOR3	T2	TIMER	N/A	
VAR	TEMPOR4	T4	TIMER	N/A	
VAR	BOMBA1	Y0	BOOL	FALSE	
VAR	BOMBA2	Y1	BOOL	FALSE	
VAR	BOMBA3	Y2	BOOL	FALSE	
VAR	BOMBA4	Y3	BOOL	FALSE	
VAR	SEÑAL1	X0	BOOL	FALSE	
VAR	SEÑAL3	X2	BOOL	FALSE	
VAR	SEÑAL4	X3	BOOL	FALSE	
VAR	SEÑAL2	X1	BOOL	FALSE	
VAR	ENCENDIDO	Y4	BOOL	FALSE	
VAR	STAR	X4	BOOL	FALSE	
VAR	OFF	X5	BOOL	FALSE	

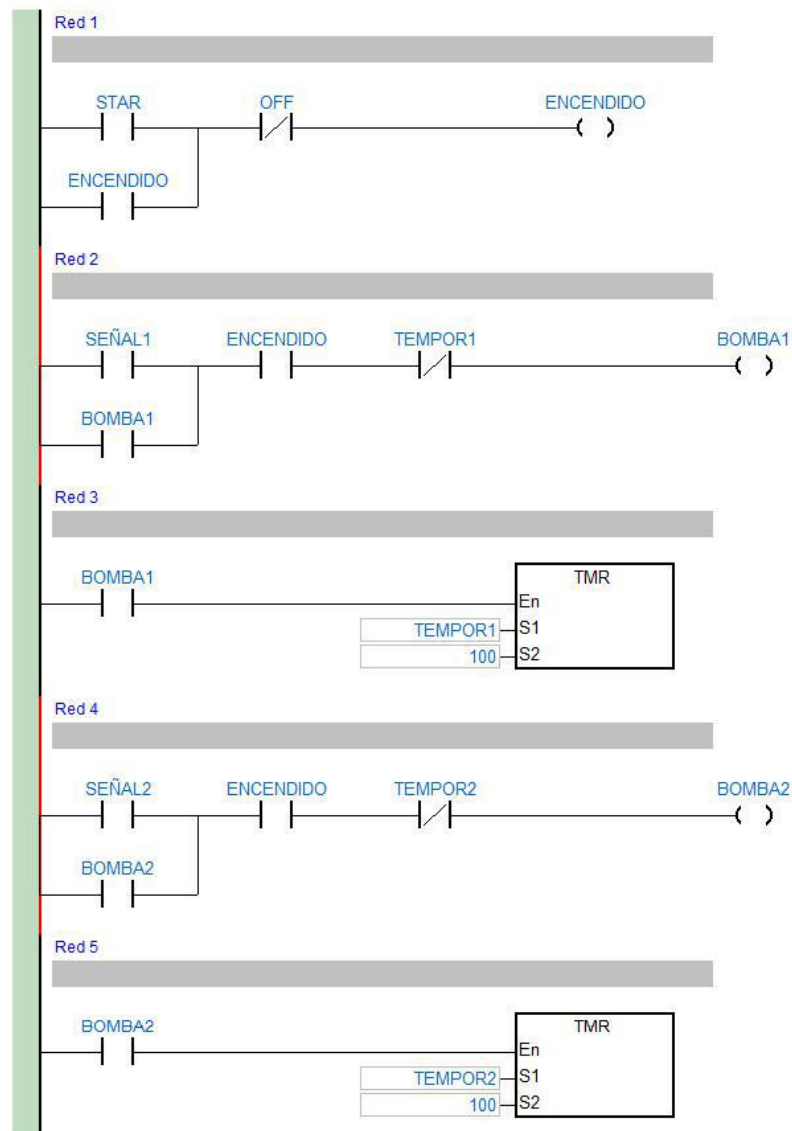
**Figura 73-3.** Tabla de variables que se utilizarán para la construcción del programa  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

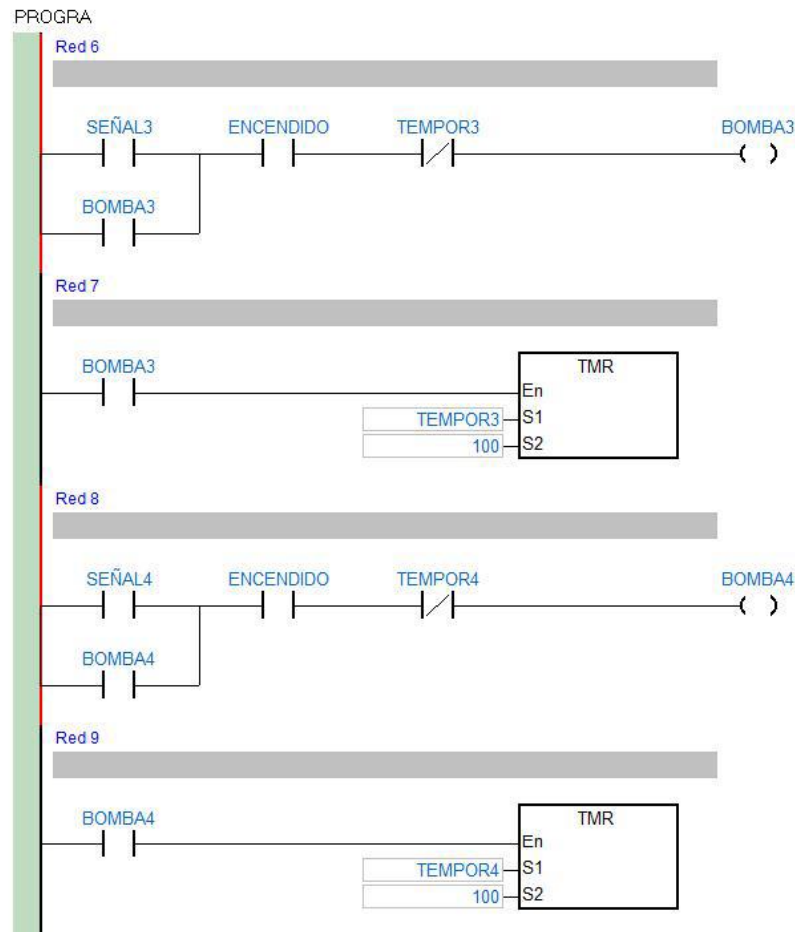
Para la creación de la estructura del programa se utilizó las funciones del software contacto  y bobina ; mientras que para ingresar los temporizadores utilizaremos el comando  “API/FB Selección”, que despliega una ventana, figura 74, donde se ingresa el término “TMR” que representa al temporizador en la casilla “Nombre del Bloque”, a la vez se marca “Todos los Tipos” para agilizar la búsqueda, y por último se selecciona el término “TMR” en la lista de opciones que brinda la ventana. Marcamos “Insertar” y el temporizador se posicionará en la línea que tengamos previamente activada.



**Figura 74-3.** Búsqueda e inserción de temporizadores.  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

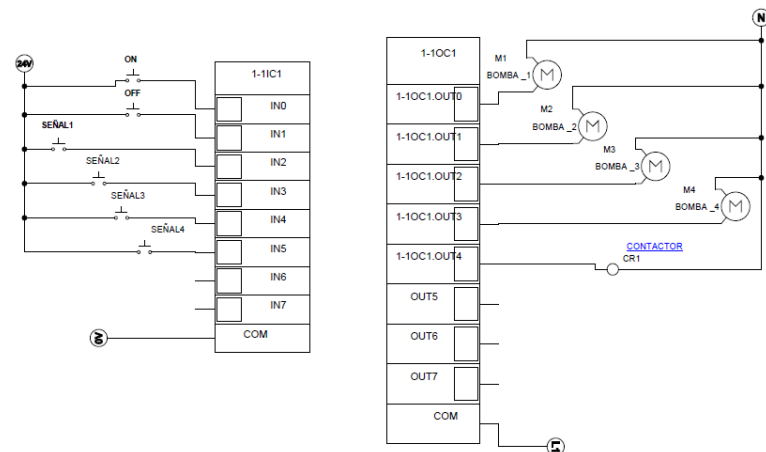
De esta manera se procede con la construcción de todo el programa que se requiere para el control de nuestro sistema, dándonos como resultado el siguiente diagrama de escalera.





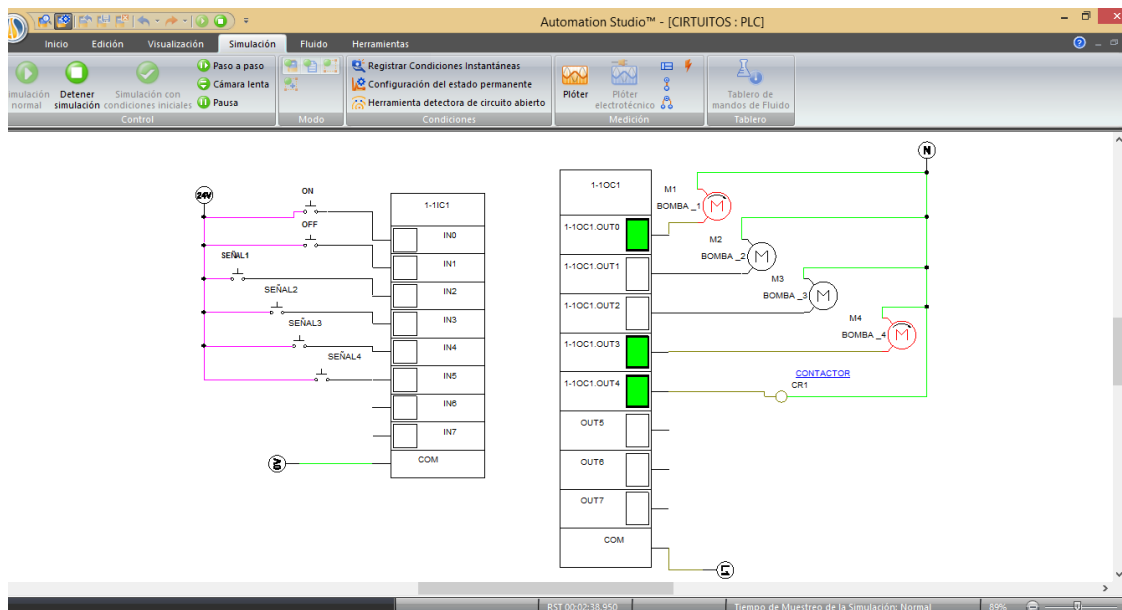
**Figura 75-3.** Diagrama de escalera elaborado en ISPSOft  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Además, se realiza el diseño de las conexiones necesarias que requiere el PLC para ser instalado obteniendo como resultado:



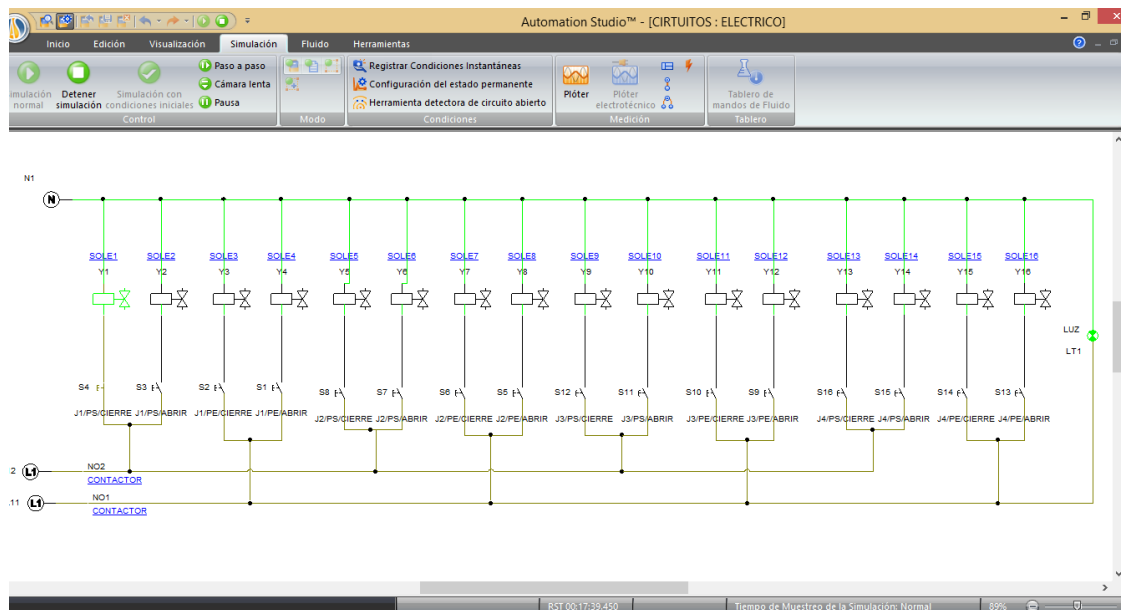
**Figura 76-3.** Esquema de conexiones para el PLC  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Concluido el diseño de cada uno de los circuitos y con la ayuda del programa Automation Studio se verifica por medio de una simulación el correcto funcionamiento de todos estos circuitos, para evitar caer en procedimientos de prueba y error, agilizando la futura instalación.



**Figura 77-3.** Diagrama de conexiones para el PLC en simulación  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La secuencia de simulación empieza con la activación del pulsador ON en el diagrama de conexiones que permite energizar al contactor en la salida “1.1OC1 OUT4”. Como muestra la figura 77.



**Figura 78-3.** Diagrama eléctrico para el control de solenoides en simulación  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

El contactor es aquel que proporciona el cierre del circuito de las botoneras y el indicador led (LUZ), por medio de sus contactos NO1 y NO2 evidenciado en la figura 78 por el color café en sus líneas de conexiones, permitiendo el control de los cilindros por medio de la energización de los solenoides, distribuidas de la siguiente manera, tabla 25.

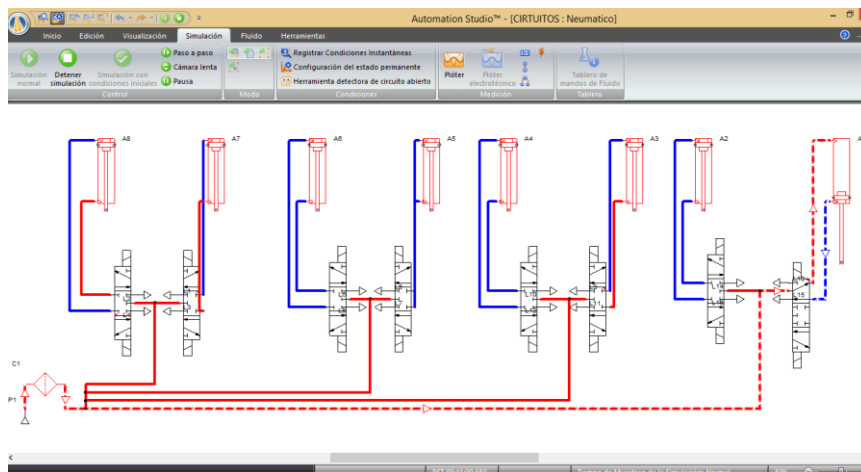
**Tabla 25-3.** Distribución de solenoides para el control de los cilindros en las puertas de las jaulas de ordeño

<b>DISTRIBUCIÓN DE SOLENOIDES</b>			
<b>JAULA 1</b>	CILINDRO PUERTA DE INGRESO	SOLE1	APERTURA
		SOLE2	CIERRE
	CILINDRO PUERTA DE SALIDA	SOLE3	APERTURA
		SOLE4	CIERRE
<b>JAULA 2</b>	CILINDRO PUERTA DE INGRESO	SOLE5	APERTURA
		SOLE6	CIERRE
	CILINDRO PUERTA DE SALIDA	SOLE7	APERTURA
		SOLE8	CIERRE
<b>JAULA 3</b>	CILINDRO PUERTA DE INGRESO	SOLE9	APERTURA
		SOLE10	CIERRE
	CILINDRO PUERTA DE SALIDA	SOLE11	APERTURA
		SOLE12	CIERRE
<b>JAULA 4</b>	CILINDRO PUERTA DE INGRESO	SOLE13	APERTURA
		SOLE14	CIERRE
	CILINDRO PUERTA DE SALIDA	SOLE15	APERTURA
		SOLE16	CIERRE

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

El circuito eléctrico para el control de los cilindros presentado en la figura 78, cuenta con dos líneas de 110V (L1 y L2), las que suministran energía a 4 solenoides cada una, sumando a L1 el indicador led (LUZ); Además, la figura muestra que cada solenoide cuenta con un pulsador NA, y a la solenoide SOLE1 energizada por medio de su respectivo pulsador.

Al energizar SOLE1 provoca el cambio de posición de la Electroválvula que controla el cilindro A1 que corresponde a la puerta de ingreso de la jaula 1, provocado su apertura, como detalla la figura 79, en la que también se evidencia las líneas entrecortadas de color rojo que representan la circulación de aire comprimido por aquellos conductos provocando en este caso el avance del cilindro A1, mientras que las líneas entrecortadas de color azul representan flujo de aire comprimido dirigiéndose a la atmosfera o en condición de escape. Mientras que las líneas continuas rojas son los conductos cargados de aire sin movimiento y las continuas azules presentan líneas sin aire. Los cilindros A1 al A8 se encuentran distribuidos como la tabla 26 detalla.



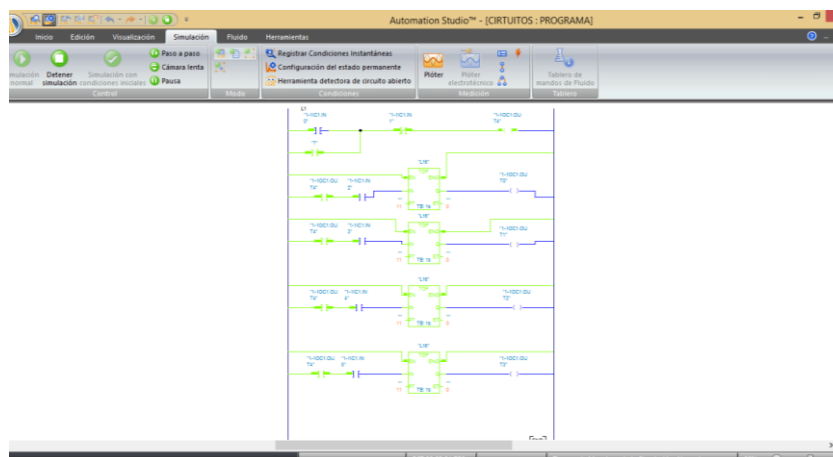
**Figura 79-3.** Diagrama neumático de los cilindros en simulación  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Tabla 26-3.** Distribución de cilindros por puerta en las jaulas de ordeño

DISTRIBUCIÓN DE CILINDROS		
<b>JAULA 1</b>	CILINDRO A1	PUERTA DE INGRESO
	CILINDRO A2	PUERTA DE SALIDA
<b>JAULA 2</b>	CILINDRO A3	PUERTA DE INGRESO
	CILINDRO A4	PUERTA DE SALIDA
<b>JAULA 3</b>	CILINDRO A5	PUERTA DE INGRESO
	CILINDRO A6	PUERTA DE SALIDA
<b>JAULA 4</b>	CILINDRO A7	PUERTA DE INGRESO
	CILINDRO A8	PUERTA DE SALIDA

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

En el instante que se pulsó “ON” también se habilitó el funcionamiento de los motores de las bombas sumergibles durante un tiempo T, en principio 11s por motivos de simulación. Este funcionamiento será ordenado por el operador por medio de un pulsador NA (24V) independiente por jaula, controlado por el diagrama de escalera presente en la figura 80, y energizado por los contactos del PLC “1.1OC1 OUT 0 al 1.1OC1 OUT 3”, figura 77.



**Figura 80-3.** Diagrama de escalera de la programación en simulación  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Al culminar el ordeño se puede des energizar todos los actuadores por medio de un pulsador NA “OFF” para la simulación, pulsador NC en la instalación realizando el cambio de estado al Contactor de este botón en la programación, figura 75 (Red 1).

### 3.7. Construcción del equipo

Obtenido la forma, dimensiones y simulaciones necesarias para la apertura y cierre de las puertas se realizó la orden para la elaboración de las piezas en acero estructural ASTM-A36 galvanizado y las correcciones que se ameriten para la instalación de las piezas.

Una vez construidas las piezas se realizó el retiro del mecanismo antiguo para realizar la instalación del nuevo.



**Figura 81-3.** Preparación de material para puertas  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La figura 81 muestra la preparación del material para las puertas de acuerdo a las medidas especificadas en las tablas 11 hasta la tabla 15 al igual esto se evidencia en el anexo A en el cual se adjunta los dibujos de dichas piezas detallados desde el plano 2 hasta el plano 25 de acuerdo a cada una de las jaulas.



**Figura 82-3.** Montaje e instalación de puertas nuevas  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



La figura 82 muestra la corrección que se realizó a los tubos verticales, los que tenían 14° de desviación con respecto a la vertical, colocando nuevas piezas y consiguiendo precisión y verticalidad para el ensamble del nuevo mecanismo.



**Figura 83-3.** Instalación mecanismo nuevo  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 84-3.** Montaje brazo y palanca  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La instalación del mecanismo nuevo para la apertura y cierre de las puertas de las jaulas de ordeño se evidencia en la figura 83, en donde se encuentran soldados la palanca de dos brazos, la barra de la puerta con la articulación para conseguir el movimiento del mecanismo en conjunto. (Ver figura 84).



**Figura 85-3.** Pintado de la estructura de puertas y mecanismo  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Instaladas las nuevas puertas de las jaulas de ordeño al igual que el mecanismo para su apertura y cierre, se realiza el pintado en conjunto como se evidencia en la figura 85.



**Figura 86-3.** Uso manual de puertas nuevas  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



Realizado esta primera parte del diseño mecánico se dejó para la extracción de leche la apertura y cierre de las puertas de las jaulas de ordeño de forma manual, para los posteriores días hacer la instalación de la parte neumática y eléctrica lo cual controlará este sistema. (Ver figura 86).

**SISTEMA NEUMÁTICO:** Comprobado el funcionamiento del circuito neumático en la figura 45, se realizó la implementación del mismo, considerando que este circuito cuenta con menor cantidad de cañerías por lo que ofrece menor pérdidas, además de evitar caídas de caudal en actuadores gracias a su conexión individual por cada jaula.



**Figura 87-3. Instalación de compresor**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La figura 87 muestra el compresor instalado en la bodega 2 de la sala de ordeño, además de la unidad de mantenimiento.



**Figura 88-3. Conexión e instalación de cilindros**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

En la figura 88 se muestra la conexión e instalación de los cilindros de doble efecto que se realizó en cada una de las jaulas para conseguir la apertura y cierre de las puertas.



**Figura 89-3. Conexión de electroválvulas**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Posterior a ello se realiza la conexión neumática de las electroválvulas en cada una de las jaulas de ordeño como se ilustra en la figura 89.

**SISTEMA ELÉCTRICO:** Una vez comprobado el funcionamiento de manera virtual en la figura 48, se realizó la implementación del sistema eléctrico.



**Figura 90-3. Botoneras**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La figura 90 muestra las botoneras que se encuentran en el mercado, seleccionando de ellas la de 4 pulsadores que serán colocadas una de ellas en cada jaula facilitando con ello el controlar de la apertura y cierre de la puerta de entrada y la de salida desde el mismo puesto.



**Figura 91-3. Instalación de botoneras**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Adquirido las botoneras se procede a instalarlas una por una en cada jaula de ordeño como se muestra en la figura 91.



**Figura 92-3. Conexión de botoneras**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

En la figura 92 se ilustra la conexión de cada botonera con sus cuatro pulsadores instalados y conectados a los solenoides, los cuales dan la señal para el avance o retorno del cilindro provocando con ello la apertura y cierre de cada una de las puertas de las jaulas de ordeño.



**Figura 93-3. Montaje de botoneras**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Realizada las respectivas conexiones de los pulsadores y solenoides en cada botonera se realiza el montaje de ellas ajustándolas y observando que no queden cables sueltos internamente. (Ver figura 93). Y posterior a ello pasar cable hasta el tablero de control para su respectiva instalación, como se observa en la figura 94.



**Figura 94-3. Cableado de botoneras**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 95-3. Montaje de electroválvulas**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

En esta parte, también se realiza el montaje e instalación eléctrica de las electroválvulas donde están las solenoides, como se muestra en la figura 95.



**Figura 96-3. Conexión de bombas sumergibles**  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



La figura 96 corresponde a la parte de la aspersión del agua para lo cual se conectan los cables de las bombas sumergibles hacia el PLC, ya que éste controlará la activación y des activación de las mismas. Al igual la figura 97 muestra la conexión de las mangueras de cada una de las jaulas hacia las bombas sumergibles.

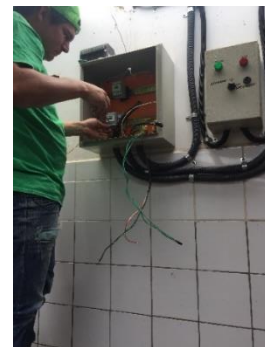


**Figura 97-3.** Instalación de las bombas sumergibles  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

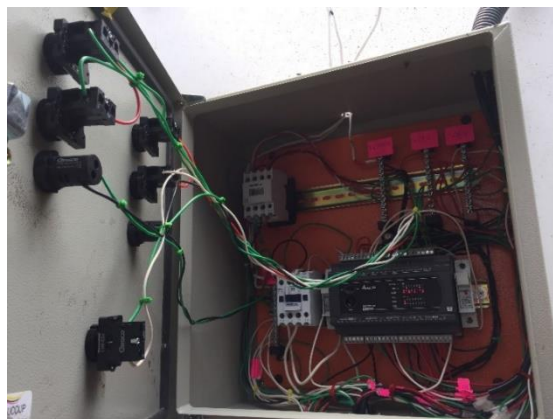
SISTEMA PLC: Instalados todos los circuitos se procede a realizar las conexiones e instalaciones de los instrumentos de control. Para ello se instala la caja de control, figura 98, desde la cual se va a realizar la activación y des activación del proceso, también la instalación de elementos de seguridad en este caso el contactor y el porta fusibles para el PLC, figura 99.



**Figura 98-3.** Instalación del tablero de control  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

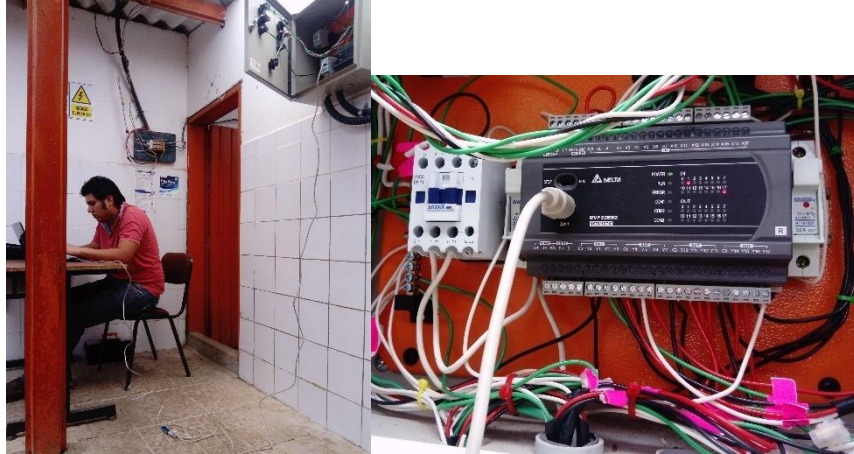


**Figura 99-3.** Instalación de contactor  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



**Figura 100-3.** Conexión de cables en tablero de control e instalación de PLC  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Basados en la tabla de entradas y salidas, tabla 23, se procede a realizar las conexiones correspondientes de cada una de ellas. Culinada la conexión de todos los cables y circuitos, como muestra la figura 101, se procede a realizar la transferencia del programa al PLC, siguiendo los pasos que se detallan a continuación. (Figura 102 a figura 105).

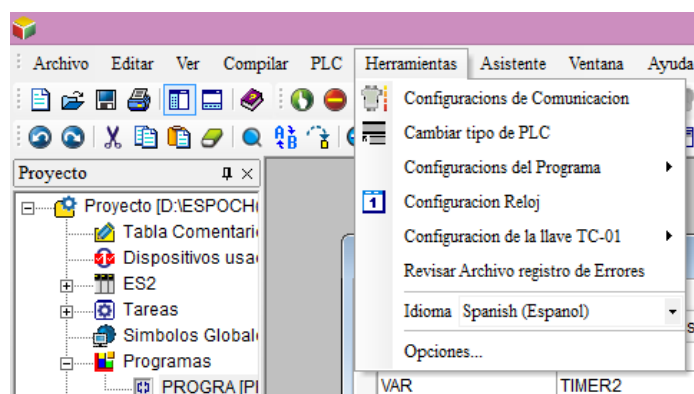


**Figura 101-3.** Transferencia del programa al PLC  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

### 3.7.1. Transferencia al PLC Delta DVP32ES2 16DI/16DO

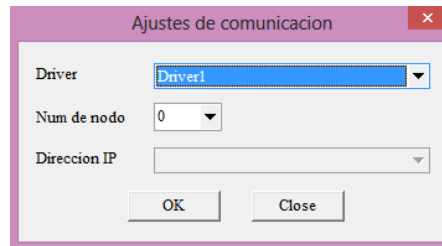
Culminado el proceso de conexiones en la caja de control y definido el programa, se procede a la compilación de este último, mediante el botón compilar, para descartar errores de sintaxis o declaración, y poder realizar la transferencia hacia el PLC.

Previo a la transferencia, se configura en el software ISPSOft la ruta de comunicación creada en COMMGR, para ello se da un clic en “Herramientas” y luego en “Configuración de Comunicación”, como muestra la figura 102.




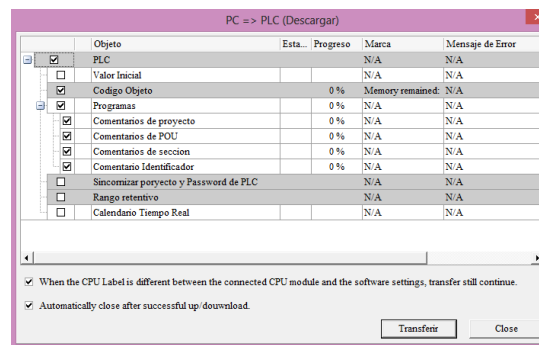
**Figura 102-3.** Selección del comando para la configuración de la ruta de comunicación con el ISPSOft.  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Mostrando la ventana “Ajuste de Comunicación”, donde de forma automática sugiere la ruta creada anteriormente. Culminamos la configuración de la ruta de comunicación con el PLC por medio del botón OK.

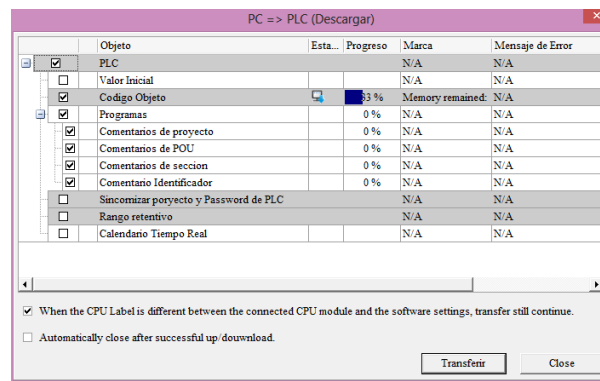


**Figura 103-3.** Ventana de configuración de la ruta de comunicación  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Compilado y configurada la comunicación, se coloca en modo STOP de forma física el PLC por medio de su interruptor, luego con un clic en el botón “Descargar al PLC”  para empezar con la transferencia. Se muestra la ventana de transferencia “PC => PLC” en la cual se pasa los datos con el botón “Transferir” y se espera que culmine el proceso, como se muestra en las figuras 144 y 105.



**Figura 104-3.** Verificar la transferencia del programa desde el ordenador hasta el PLC  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

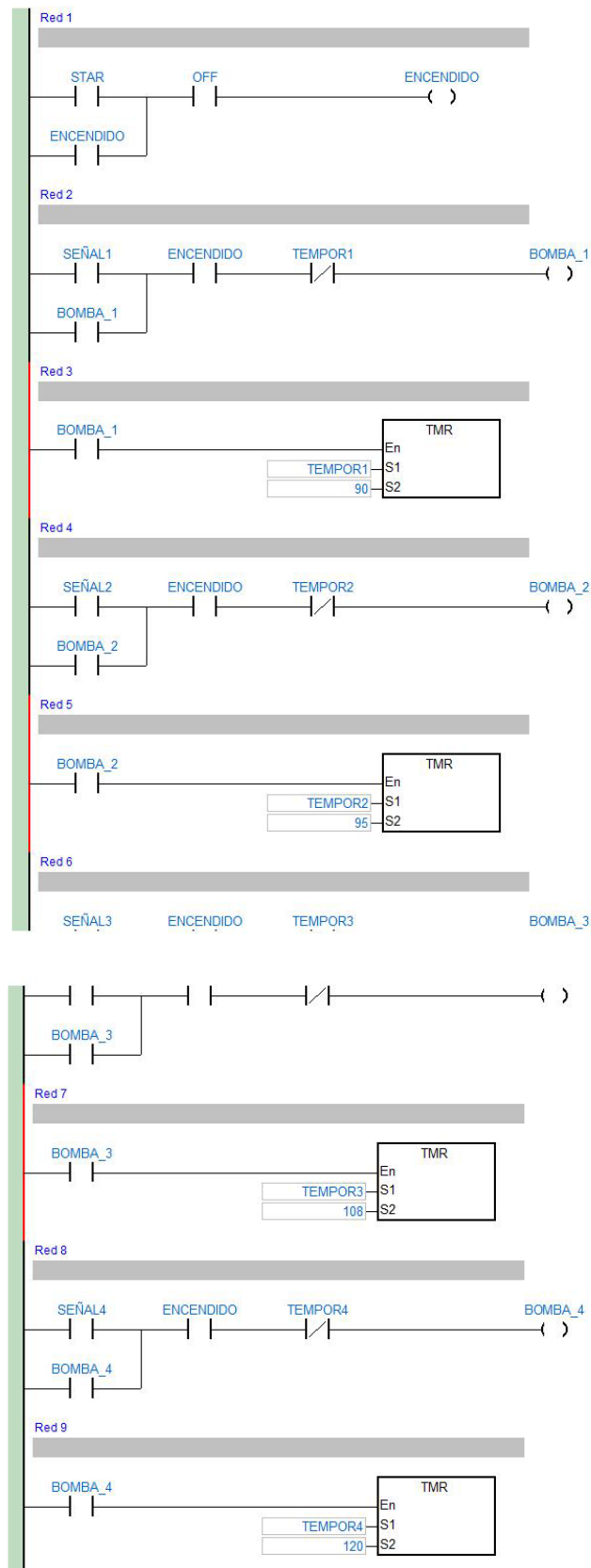


**Figura 105-3.** Proceso de transferencia del programa al PLC  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

### 3.8. Pruebas y funcionamiento

Una vez implementado los sistemas y verificada la programación se realizará una prueba en vacío para garantizar el correcto funcionamiento de todos los componentes y establecer la activación de cada bomba sumergible mediante la variación del tiempo. Para ello se realiza el cuadro resumen

en donde explica el tiempo de accionamiento de cada una de las bombas sumergibles detalladas en la tabla 27 y puesto en marcha en el programa como se evidencia en la figura 106.



**Figura 106-3.** Programación con tiempos de trabajo de bombas sumergibles por jaula

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

**Tabla 27-3. Tiempo de accionamiento de bombas sumergibles**

IDENTIFICADOR	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN	TIEMPO
TEMPOR1	T0	Tiempo de funcionamiento de la bomba sumergible para la jaula 1	90
TEMPOR2	T1	Tiempo de funcionamiento de la bomba sumergible para la jaula 2	95
TEMPOR3	T2	Tiempo de funcionamiento de la bomba sumergible para la jaula 3	108
TEMPOR4	T4	Tiempo de funcionamiento de la bomba sumergible para la jaula 4	120

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Posterior a ello se procederá a realizar las pruebas con animales en las cuatro jaulas de ordeño.



**Figura 107-3. Arribo de bovino y apertura de puerta de entrada**

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

La figura 107 muestra el arribo del bovino, donde el vaquero accionando el botón respectivo realiza la apertura de la puerta de entrada.



**Figura 108-3. Llegada de bovino y cierre de puerta de entrada**

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.



De la misma manera una vez ingresado el bovino, el vaquero realiza el accionamiento del botón respectivo para cerrar la puerta de entrada.



**Figura 109-3.** Solicitud de alimento y aspersión de agua  
Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

En esta figura 109, se evidencia la solicitud que hace el vaquero para que dosifique el alimento y a la par se esparza agua sobre el balanceado para conseguir la humedad requerida para la ingesta del bovino.

Adicional a todo esto se realizó un check list de las principales actividades que debe realizar los técnicos de la Estación para un mantenimiento preventivo:

**Tabla 28-3.** Check list para inspección de mantenimiento

<b>CHECK LIST COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE PUERTAS Y ASPERSIÓN DE AGUA</b>							
FECHA DE INSPECCIÓN: ____/____/____				PLANTA DE EXTRACCIÓN DE LECHE			
CONTROL	ESTADO			CAMBIO			OBSERVACIONES
	MALO	REGULAR	BUENO	SI	NO	FECHA	
Compresor							
Nivel de aceite de compresor							
Unidad de mantenimiento							
Botoneras							
Pulsadores							
Sujeciones de cilindros							

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

### 3.9. Análisis de resultados

Para el análisis se realizó la medición del tiempo hora hombre/mujer en segundos que se requiere para la apertura y cierre de puertas y además la consideración que ya no se realiza la incorporación manual del agua en el alimento, elaborando el diagrama de actividades (Anexo G), de donde se extrae el nuevo tiempo que se emplea para que un bovino sea procesado, obteniendo la siguiente tabla de resultados.

**Tabla 29-3.** Tabla de comparación de resultados

	<b>Extracción total por bovino (seg)</b>	<b>Tiempo de actividades intervenidas (seg)</b>
Actual	408,78	32,1
Mejora	345,72	3,83
<b>Variación</b>	63,06	28,27
<b>Porcentaje</b>	<b>15%</b>	<b>88%</b>

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

## CAPÍTULO IV

### 4. COSTOS

#### 4.1. Costos directos

Durante el desarrollo del proyecto en la sala de ordeño se realizaron las siguientes inversiones detalladas a continuación:

**Tabla 1-4.** Costos de elementos adquiridos

ARTÍCULO	MEDIDA	CANTIDAD	V. UNIT	V. TOTAL
Arreglo mecánico de estructuras y puertas	u	1	\$ 825,00	\$ 825,00
Ángulo de 1' x 1/8	m	3	\$ 0,50	\$ 1,50
Electroválvulas 5/2 biestables 110 V	u	4	\$ 42,00	\$ 168,00
Cilindros 50*150*16	u	8	\$ 65,00	\$ 520,00
Manguera de poliuretano	m	50	\$ 1,90	\$ 95,00
Cable 4*16	m	50	\$ 1,10	\$ 55,00
Pulsadores 22mm plástico NA (verde)	u	17	\$ 2,00	\$ 34,00
Pulsadores 22mm plástico NC (rojo)	u	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Pulsador 22mm NC tipo hongo	u	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Caja de botoneras	u	4	\$ 8,00	\$ 32,00
Unidad de mantenimiento	u	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Unión tipo T	u	4	\$ 3,25	\$ 13,00
Unión 4 derivaciones	u	1	\$ 5,75	\$ 5,75
Silenciadores de bronce 1/8'	u	10	\$ 1,75	\$ 17,50
Racor recto 1/4' x 6mm	u	20	\$ 1,80	\$ 36,00
Racor recto 1/8' x 6mm	u	15	\$ 1,35	\$ 20,25
Manguera neumática de sujeción rápida para compresor	m	2	\$ 4,00	\$ 8,00
PLC Delta DVP32ES2 (16DI/16DO)	u	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Tablero de control (40x40)cm	u	1	\$ 65,00	\$ 65,00
Contactor SASSIN 3SC8 0911	u	1	\$ 7,95	\$ 7,95
Bomba sumergible SP 200 2m	u	4	\$ 25,00	\$ 100,00
Tabla triplex (75 x 75 x 10)mm	u	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Manguera de agua de 1/2'	m	56	\$ 0,45	\$ 25,20
Microaspersores	u	4	\$ 1,10	\$ 4,40
Válvula de nivel tipo boya	u	1	\$ 3,50	\$ 3,50
Artículos de ferretería	u	1	\$ 65,00	\$ 65,00
Mano de obra de ejecutantes	u	2	\$ 300,00	\$ 600,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 2.949,05</b>

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Con el apoyo por parte de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que por medio de la Facultad de Mecánica representado por el Ingeniero Carlos Santillán y el Grupo de Investigación, se logró adquirir varios elementos necesarios para el proyecto, los que se encuentran detallados en la siguiente tabla.

**Tabla 2-4.** Costos de elementos recibidos

ARTÍCULO	MEDIDA	CANTIDAD	V. UNIT	V. TOTAL
Electroválvulas 5/2 biestables 110 V	u	4	\$ 42,00	\$ 168,00
Silenciador plástico 1/8'	u	6	\$ 1,75	\$ 10,50
Racor recto 1/4' x 6mm	u	4	\$ 1,80	\$ 7,20
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 185,70</b>

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

Gracias a la dedicación y compromiso por parte del Grupo de Ingenieros de la Escuela de Ingeniería Industrial, integrados por: Ing. Jhonny Orozco, Ing. Eduardo García, Ing. Carlos Santillán, Ing. Ángel Guamán Lozano, Ing. Juan Carlos Cayán, Ing. Julio Moyano e Ing. Alcides García, se pudo adquirir el compresor de 100 litros (Anexo H), que era necesario para el desarrollo del proyecto.

#### **4.2. Costos indirectos**

Debido a la localización de la Estación y el horario de ordeño fue necesario cubrir los gastos de movilización desde y hacia la Estación, adicional a esto la alimentación de los autores del proyecto.

**Tabla 3-4.** Costos indirectos

ARTÍCULO	MEDIDA	CANTIDAD	V. UNIT	V. TOTAL
Transporte	u	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Alimentación	u	1	\$ 150,00	\$ 150,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 200,00</b>

Realizado por: Dávila F. y Ordóñez F.

## 5. CONCLUSIONES

Por medio de los diagramas tanto de planta como de actividades se logró establecer que para realizar el ordeño a un solo bovino en promedio se requiere 408,78 segundos de los cuales 32, 10 segundos son empleados por el vaquero para la manipulación de puertas e incorporación de agua en el alimento. Posterior a la implementación se evidenció que el tiempo que requiere el vaquero para la manipulación de las puertas y del alimento se redujo a 3,83 segundos, representando un ahorro de tiempo del 88%, esto debido a que ya no realiza actividades como colocación del agua en el alimento y su mezclado, influyendo directamente a la reducción del tiempo (15%) en que el operario realiza el ordeño a un bovino.

Gracias a los conocimientos adquiridos durante la formación académica en la utilización de Software como Automation Studio, SolidWorks Student e ISPSOft, se diseñó el nuevo mecanismo para el sistema de apertura y cierre de puertas, el sistema de aspersión de agua, los circuitos eléctricos y lógicos, los que nos llevaron a reducir los tiempos de ejecución.

Se logró determinar la capacidad del compresor que se requiere para nuestro sistema (100 litros) y la posterior adquisición e instalación del mismo.

En la implementación se utilizaron elementos conocidos y de garantía con un stock de repuestos en el mercado para su mantenimiento, en caso de sufrir daños a futuro en la instalación eléctrica o mecánica, además de la incorporación de elementos de protección para estos circuitos.

Mediante el accionamiento de los distintos equipos instalados en el tablero de control y también las botoneras ubicadas en cada jaula, se realizó la prueba de funcionamiento dando un resultado positivo y cumpliendo con lo requerido.

Gracias a la aceptación y rápido acoplamiento de los vaqueros al nuevo sistema durante la charla y extracciones demostrativas, sumados al correcto funcionamiento de los equipos y elementos implementados pudimos ratificar el cumplimiento de la implementación y puesta en marcha del proyecto.

Empleando el software ISPSOft y conjuntamente con el hardware PLC Delta DVP32ES2 (16DI/16DO), se logró programar el sistema de control que permite la distribución del agua en cada jaula según el requerimiento del alimento, garantizando así la incorporación de 36 gramos de agua por cada 100 gramos de alimento.

Debido a que la fuerza requerida para la manipulación de las puertas la realiza un cilindro neumático, en lugar del vaquero de turno, se evita la exposición de éste a realizar fuerzas con

posturas anti ergonómicas, mejorando así las condiciones de trabajo y evitando enfermedades músculo-esqueléticas a largo plazo.

Se corrigió los choques que se presentaban en las jaulas 3 y 4 entre la puerta de salida y entrada respectivamente, al igual que las incorrecciones en las verticales que tenían desviaciones graduales por medio de la instalación de las puertas nuevas.

## **6. RECOMENDACIONES**

Efectuar un control sobre el estado de los elementos implementados por medio de la check list propuesta.

Realizar el cambio de aceite del compresor una vez cada dos meses, por parte de la administración de la planta de ordeño.

Al efectuar la limpieza de la sala de ordeño se debe des-energizar desde el tablero de control y evitar el uso de agua sobre las botoneras.

Realizar la purga de la unidad de mantenimiento semanalmente.

Al realizar inspecciones eléctricas o mecánicas hacerla con técnicos que tenga el conocimiento de los diferentes elementos utilizados y con la debida protección personal.

Realizar una inducción de al nuevo personal que se incorporen a las tareas de ordeño por parte de los vaqueros que recibieron la capacitación del uso del sistema.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**AVILA BARAY, Héctor Luis.** *Introducción a la metodología de la investigación*. CD. Cuauhtemoc, Chihuahua, México: eumed, 2006 pp. 105.

**ÁVILA TÉLLEZ, Salvador; & GUTIÉRREZ CHÁVEZ, Abner J..** *Producción de leche con ganado bovino*. México: El Manual Moderno, 2010 pp. 25-32.

**BANREP CULTURAL . S.F.** <https://goo.gl/LQW8JP> (último acceso: 20 de 08 de 2017).

**BUXADÉ, Carlos.** *Producción vacuna de leche y carne*. Madrid: Mundi-Prensa Libros, 1996 pp. 15-26.

**CALLEJO, Antonio; & DÍAZ, V.** *Diseño de instalaciones de ordeño*. Barcelona: Mundi-Prensa libros, 1998, pp. 5-7.

**CASTRO RAMÍREZ, Álvaro.** *Ganadería de leche Enfoque Empresarial*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia, 2002 pp. 8-24.

**CREUS SOLÉ, Antonio.** *Neumática e hidráulica*. México: Alfaomega Grupo Editorial, 2011, pp. 21-271.

**FILIGRANA M., Diego.** *Adecuación de instalaciones para vacas de ordeño*. Cali: Artes Gráficas del Valle Ltda, 2007, pp. 13-19.

**GUILLÉN SALVADOR, Antonio.** *Introducción a la neumática*. Barcelona: Marcombo S. A., 1993, pp. 8.

**HÜBSCHER Heinrich; & APPELT Siegfried.** *Electrotécnia*. Barcelona: EDITORIAL REVERTÉ, S.A., 1991, pp. 25.

**LLADONOSA GIRO, Vicent.** *Instalaciones eléctricas de interior*. Barcelona: MARCOMBO, S.A., 2004. pp. 55.

**LLADONOSA, Vicent.** *Circuitos basicos de electroneumatica*. Barcelona: MARCOMBO, S.A., 1997, pp. 53.

**MARTÍNEZ ALMÉCIJA, Alfredo; & PASCUAL ACOSTA, Antonio.** *Tamaño de muestra y precisión estadística*. Almería: Escobar Impresores, 2004, pp. 25-27.

**MELLADO BOSQUE, Miguel.** *Producción de leche en zonas templadas y tropicales*. México: Trillas, 2010, pp. 45.

**MILLÁN, Salvador.** *AUTOMATIZACION NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA.* Marcombo, 1996, pp. 103.

**NAMAKFOROOSH, Mohammad Naghi.** *Metodología de la investigación.* México: Limusa, 2005, pp. 33.

**NEL QUEZADA, Lucio.** *Estadística para ingenieros.* Lima: Talleres Gráficos de Empresa Editora Macro E.I.R.L., 2010, pp. 21-22.

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN (FAO).** «Factores que se deben considerar para seleccionar el sistema de riego más adecuado.» 2017, pp. 28-32.

**OSORIO, Omar F.; & IBARRA, Lionel .** *Métodos estadísticos aplicados a la investigación agrícola.* Tegucigalpa, D. C.: PROMECAFE, 1987, pp. 14-18.

**SALKIND, Neil J.** *Métodos de investigación.* México: PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S. A., 1999, pp. 97.

**SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, Manuel.** *Producción Animal e Higiene Veterinaria.* 2016. [http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/16\\_20\\_02\\_tema\\_9chico2.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/16_20_02_tema_9chico2.pdf).

**SENNER, Adolf.** *PRINCIPIOS DE ELECTROTÉCNIA.* Barcelona: EDITORIAL REVERTÉ, S.A., 1994, pp. 97.

**SERRANO, Antonio.** *Neumática práctica.* Madrid: Paraninfo, 2009, pp. 93.

**SERRANO, Nicolás.** *NEUMÁTICA PRÁCTICA.* s.f. Madrid: Paraninfo, 2011 pp. 69-50.

**SIEMENS.** 11 de 2009. <https://goo.gl/o3WFrD> (último acceso: 20 de 08 de 2017).

—. s.f. <https://goo.gl/Prm3fb> (último acceso: 20 de 08 de 2017).

**VARITEL. INGENIERÍA ELECTRÓNICA S.A. S.F.** <https://goo.gl/XAvAUy> (último acceso: 20 de 08 de 2017).

**VIVANCO, Manuel.** *Muestreo estadístico. Diseño y aplicaciones.* Santiago de Chile: UNIVERSITARIA S.A., 2005, pp. 168-171.